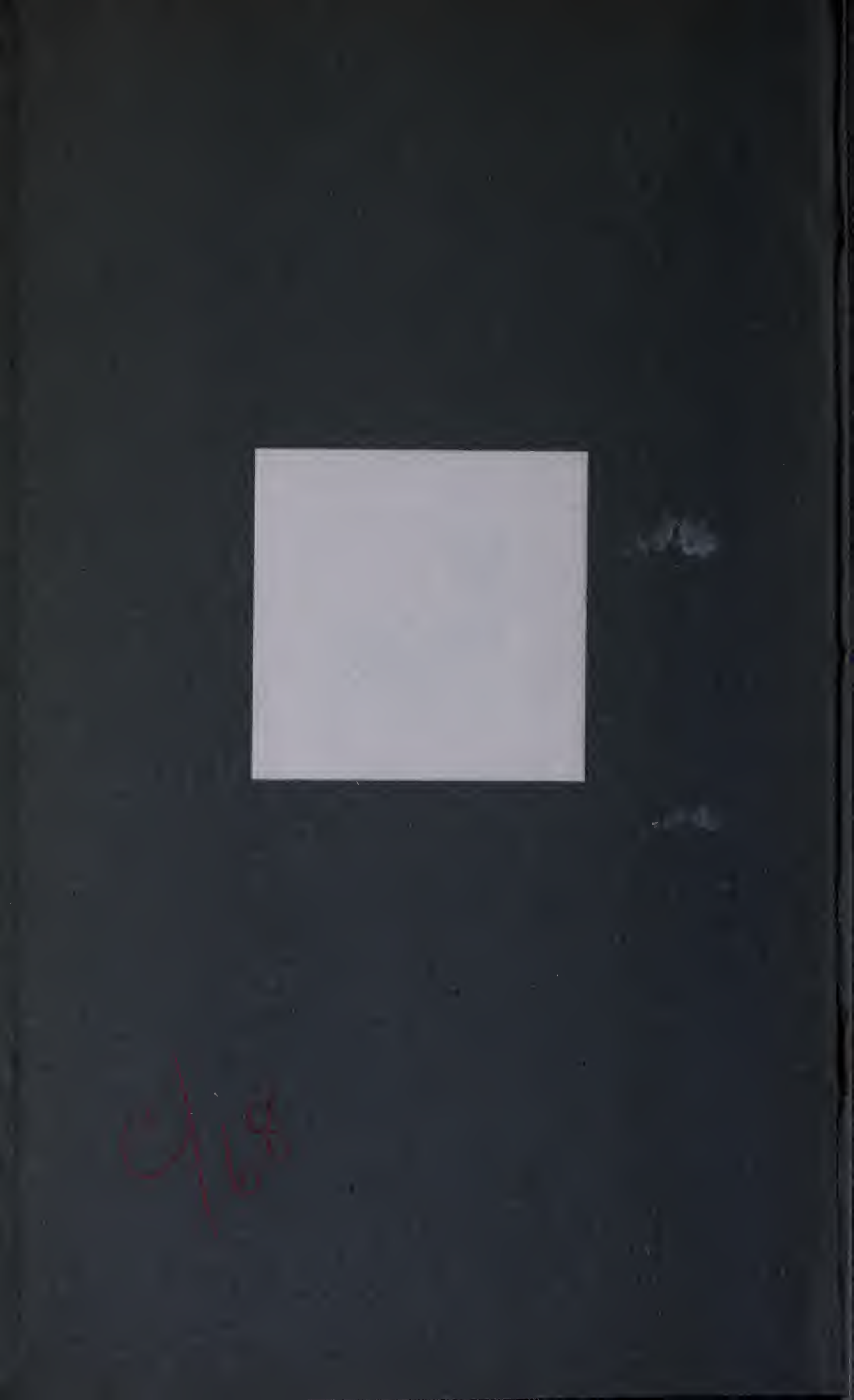


R. Colson

La Plaque photographique

Bibliothèque
de la Revue générale des Sciences



BIBLIOTHÈQUE

DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES

LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE

LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE

PROPRIÉTÉS

LE VISIBLE — L'INVISIBLE

PAR

R. COLSON

CAPITAINE DU GÉNIE

RÉPÉTITEUR DE PHYSIQUE A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE



PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

—

1897

PRÉFACE

Si, dans le cours de ces dernières années, la plaque photographique au gélatino-bromure était déjà considérée comme une des merveilles de notre époque au point de vue de la seule action de la lumière, que ne peut-on en dire aujourd'hui en présence des nouveaux phénomènes qu'elle nous révèle et qu'elle permet d'enregistrer ? Ce sont d'abord ces étonnants rayons découverts par le professeur Röntgen, et qui, nés d'hier, donnent déjà lieu à un procédé photographique complet et perfectionné ; à la suite, de nombreux chercheurs ont commencé à pénétrer dans le domaine de l'invisible, où la plaque sensible est destinée à de magnifiques découvertes ; et voici, maintenant, que ce même gélatino-bromure apparaît comme un réactif chimique d'une extrême délicatesse en décelant l'existence de vapeur métallique de zinc dans des conditions ordinaires où elle ne pouvait être soupçonnée jusqu'ici.

Mais, à ces actions viennent s'en ajouter beaucoup d'autres, si bien que ce merveilleux instrument, dont le fonctionnement primitif par le simple effet de la lumière est lui-même encore peu connu, se trouve, par le fait de son extrême sensibilité, entouré de nombreuses influences qui tendent à une véritable confusion ; dans la photographie courante, elles conduisent à des insuccès, à des voiles accidentels, à des taches, dont il est essentiel de déterminer l'origine afin d'y remédier ; dans les recherches scientifiques, par exemple dans la photographie de l'invisible ou au travers des corps opaques, elles induisent facilement en erreur sur la vraie cause du phénomène observé.

Quel que soit le but en vue duquel on utilise la plaque sensible, il est donc indispensable que l'opérateur possède des connaissances précises et approfondies sur le mécanisme par lequel elle s'impressionne et donne une image, ainsi que sur les différentes et nombreuses causes qui peuvent soit produire, soit modifier ce résultat.

C'est le détail de ces connaissances que je me suis proposé de réunir et de classer ici, *dans un exposé intelligible à tous*, en les complétant sur plusieurs points par mes observations personnelles et par des éclaircissements qui en font un ensemble se suffisant à lui-même.

Après un coup d'œil général sur les propriétés de la couche sensible et sur le principe de sa préparation et de son emploi, je passe en revue dans les quatre pre-

miers chapitres les influences chimique, lumineuse, calorifique, mécanique et électrique ; on trouvera en particulier dans les deux premiers, qui contiennent la base de la photographie, une discussion approfondie sur la formation de l'image latente et l'opération du développement, avec des considérations nouvelles sur le rôle de la matière organique, la gélatine.

Le chapitre v est consacré aux rayons Röntgen ; ce n'est plus un aperçu hâtif de la première heure, mais un exposé mûri de l'ensemble de la question, comprenant tout ce que l'on sait actuellement sur l'effet photographique de ces rayons au point de vue pratique et théorique.

Dans le chapitre vi, je remets au jour les anciennes expériences de Niepce de Saint-Victor relatives à l'emmagasinement de la lumière, qui ouvrent la voie sur un terrain immense, encore très peu exploré, et bien propre à séduire les chercheurs ; elles se rattachent directement à la photographie de l'invisible. Celle-ci, dans laquelle est comprise la photographie au travers des corps opaques, fait l'objet du chapitre vii, qui renferme les expériences exécutées récemment sur ce sujet, avec des éclaircissements résultant de l'analyse des quatre premiers chapitres.

Enfin je signale, dans le chapitre viii, d'après les enseignements précédents, certaines précautions à prendre dans la conservation et dans l'emploi des plaques.

En résumé, cet ouvrage sera utile à tous ceux qui

s'occupent de photographie, en leur faisant connaître l'instrument qu'ils emploient, et à tous ceux qui s'intéressent aux nouvelles recherches, en leur fournissant, en même temps que des indications suggestives, des documents précis et mis au point.

LA PLAQUE PHOTOGRAPHIQUE

(GÉLATINO-BROMURE D'ARGENT)

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

La plaque photographique au gélatino-bromure d'argent vient en aide et supplée à l'insuffisance de notre vue par plusieurs propriétés remarquables.

Tout d'abord, elle possède une exquise *sensibilité*, grâce à laquelle elle est affectée par des impressions qui, en raison de leur nature même ou de leur faible intensité, ne produisent pas d'effet sur le sens de la vue.

En outre, elle jouit de la faculté d'*accumuler* ces impressions, de telle sorte qu'une action extrêmement faible peut déterminer, à la longue, un effet très appréciable ; ainsi, tandis que la sensation visuelle est saturée et n'augmente plus au bout d'une fraction de seconde, malgré la persistance de la cause, la plaque photographique est capable d'emmagasiner et d'additionner pendant des jours et pendant des mois les effets successifs qui résultent pour elle de cette très faible action. Il faut, toutefois, remarquer que, pour une plaque donnée, il existe une limite inférieure d'intensité d'action au-dessous de laquelle l'impression ne peut se produire,

même si la durée est prolongée indéfiniment ; cette restriction est, d'ailleurs, générale, et se retrouve dans toutes les manifestations que la nature nous présente ; c'est une conséquence de l'inertie de la matière, inertie qui ne peut être surmontée que par un effort supérieur à une certaine valeur, variable avec le genre de l'effort et avec l'espèce de la substance sollicitée.

Enfin, la plaque sensible conserve trace des impressions reçues ; elle les *enregistre* et fournit ainsi des documents extrêmement utiles qui gardent avec une entière fidélité tous les détails des phénomènes saisis sur le fait.

C'est à ces propriétés si précieuses que la photographie au gélatino-bromure doit l'extension énorme que nous lui voyons prendre, facilitée aussi par la commodité d'emploi : amateurs, artistes, savants, l'utilisent chacun à son point de vue particulier et en tirent des applications qui, déjà extrêmement répandues, ne peuvent que croître encore en nombre et en importance. En ce moment même, nous voyons s'ouvrir devant elle une voie toute nouvelle, dont les horizons paraissent immenses, avec ces mystérieux rayons X et la question générale de la photographie de l'invisible.

On est ainsi amené, pour mettre de l'ordre dans les idées, à examiner comment les différentes formes de l'énergie (1) agissent sur le gélatino-bromure, en désignant sous l'expression générale d'énergie tout travail à l'état latent, susceptible de se manifester à un moment donné sur les corps.

Ces différentes formes se classent, d'après les effets qu'elles produisent sur nos sens, en : mécanique, calo-

---

(1) Pour tout ce qui concerne « l'énergie et ses transformations » voir l'essai que j'ai publié sous ce titre, Georges Carré et C. Naud éditeurs. Colson. — *L'Energie et ses transformations.*

rifique, lumineuse, chimique et électrique ; il y a lieu d'ajouter les rayons X dans une catégorie spéciale en attendant que nous soyons fixés sur leur véritable nature.

L'ordre ci-dessus est celui dans lequel les phénomènes se présentent lorsqu'on les examine au point de vue général de l'énergie, lorsqu'on cherche à les étudier et à les relier entre eux indépendamment de telle ou telle considération particulière. En approfondissant alors ces relations, on finit par arriver à la conception de mouvements vibratoires des molécules matérielles dans un milieu d'une très grande élasticité et d'une très faible densité auquel les physiciens ont donné le nom d'éther ; ce milieu qui pénètre tous les corps est susceptible de recevoir certains ébranlements, et de les propager, comme, par exemple, ceux qui caractérisent les phénomènes lumineux et les phénomènes électriques. Par cette conception, toutes les formes de l'énergie sont ramenées à une seule, la forme mécanique, ce nom comprenant non seulement les mouvements dont notre œil nous permet d'apprécier l'existence, mais encore ceux que le calcul et le raisonnement nous révèlent dans toutes les actions qui s'exercent sur la matière. Il n'y a plus alors que des masses animées de mouvements, et ceux-ci sont modifiés de telle ou telle façon par telle ou telle forme de l'énergie. Enfin, si l'on descend jusqu'aux masses élémentaires, molécules ou atomes, on peut caractériser leurs mouvements par la forme, le nombre, et l'amplitude des vibrations.

La connaissance de ces éléments dans chaque substance pour un état donné, et de la façon dont ils varient sous l'influence des différentes actions extérieures, nous permettrait de définir chaque corps et chaque forme de l'énergie en nous affranchissant de la tutelle de nos

sens ; la science tend évidemment vers ce but, et on ne peut nier qu'elle ait déjà accompli dans cette voie un chemin appréciable, en particulier dans la branche de la lumière ; mais, en attendant, et pour longtemps sans doute encore, nous sommes astreints à la classification imposée par les organes qui nous mettent en relation avec le monde extérieur. Ce que nous savons sur les transformations de l'énergie n'en est pas moins fort utile pour nous révéler et nous faire comprendre les relations qui existent entre des phénomènes que nos sens nous montrent comme très différents.

Au point de vue spécial du gélatino-bromure, il est clair qu'il y a intérêt à considérer, tout d'abord, et en première ligne, la forme chimique de l'énergie, puisque c'est elle qui détermine l'apparition de l'image, c'est-à-dire l'utilisation même des merveilleuses propriétés de la plaque. Viennent ensuite, par degré d'importance : la forme lumineuse qui produit l'impression dans la grande majorité des cas ; la forme calorifique, qui se relie à la précédente ; la forme mécanique ; la forme électrique, qui agit surtout par l'intermédiaire des quatre manifestations nommées ci-dessus. Enfin, les rayons X demandent, en raison de leur nouveauté, de leur importance et de leur caractère inconnu, un exposé à part.

Mais, avant d'entrer dans l'examen détaillé de ces différentes branches et des liens qui les unissent, il est indispensable de jeter un coup d'œil sommaire sur le mode de préparation et d'emploi du gélatino-bromure.

Cette préparation, telle qu'on l'effectue aujourd'hui pour les quantités énormes de plaques que le commerce débite chaque jour, se compose de plusieurs opérations successives qu'il est intéressant de connaître ; en voici le résumé :

On fait dissoudre une certaine quantité de gélatine

dans de l'eau chaude, avec addition d'un bromure alcalin, tel que le bromure de potassium ou d'ammonium, et on mélange avec une solution d'azotate d'argent ; il se forme alors, par double décomposition, du bromure d'argent en précipité blanc insoluble qui s'incorpore à la gélatine en lui donnant l'aspect d'une masse fluide laiteuse, que l'on désigne généralement sous le nom d'*émulsion* ; l'azotate de potasse ou d'ammoniaque qui se produit en même temps reste en dissolution.

Cette émulsion ne possède pas encore toute la sensibilité dont elle est susceptible ; on la lui donne en chauffant pendant quelques heures, ou en ajoutant un peu d'ammoniaque, nous en verrons plus tard la raison. C'est ce qu'on appelle *mûrir* l'émulsion. On observe que le grain grossit en même temps. Cette maturation doit être arrêtée avant le moment où la sensibilité deviendrait trop grande et où la décomposition pourrait se produire sous l'influence d'une trop faible énergie.

On procède ensuite à un lavage en séparant la matière en petites fractions par le passage au travers d'un tissu serré ; on enlève ainsi les sels solubles que l'émulsion contient encore et qui seraient nuisibles. Ces sels sont : le bromure alcalin en excès, qui affaiblirait la sensibilité ; l'azotate d'argent en excès qui serait réduit pendant l'opération du développement, même sans action extérieure, et donnerait un dépôt d'argent sur toute la surface de la plaque ; enfin, l'azotate alcalin formé subirait, en séchant, une cristallisation ; de plus, il serait aussi réduit pendant le développement et affaiblirait l'image, ainsi qu'on l'expliquera dans le premier chapitre.

On termine par une dernière fusion, pendant laquelle on ajoute la quantité de gélatine nécessaire pour donner à la masse le degré de consistance convenable. On

étend sur le support, en verre, collodion, celluloïde, papier, etc., et l'on fait sécher.

Les plaques sèches ainsi obtenues, universellement connues et employées, sont plus ou moins sensibles à la lumière et aux autres formes de l'énergie ; mais, quelle que soit cette sensibilité, l'impression causée dans les conditions normales ne donne lieu à aucune apparence visible ; elle est emmagasinée dans la couche ; c'est ce qu'on appelle une *image latente*. Pour la rendre visible, il faut recourir à une énergie chimique, qui produit la réduction du bromure d'argent à un degré d'autant plus accentué que l'impression préalable a été plus forte, toujours dans les conditions normales ; cette opération est le *développement* de l'image latente, et a pour instrument un *révélateur*. Enfin, on enlève, par dissolution dans l'hyposulfite de soude par exemple, le bromure d'argent non impressionné ; c'est le *fixage*. Le résultat est un *cliché* dans lequel les parties opaques sont celles qui ont été impressionnées.

CHAPITRE PREMIER

Actions chimiques.

Si la connaissance des lois et des réactions chimiques permet de prévoir dans un grand nombre de cas le mode d'action des différents corps sur le bromure d'argent, on ne peut en dire autant au sujet de la gélatine, en raison de la complexité de sa composition, qui comprend de l'hydrogène, du carbone, de l'oxygène, de l'azote et du soufre. On sait seulement que, de tous ces éléments, celui qui peut se combiner le plus facilement avec d'autres est l'hydrogène ; comme il entre, d'ailleurs, dans la gélatine en forte proportion, il est à prévoir qu'il jouera un rôle important dans les actions auxquelles le gélatino-bromure sera soumis. Ce rôle sera caractérisé par la grande affinité de l'hydrogène pour le chlore, le brome, l'iode et l'oxygène.

C'est, en effet, dans ces réactions que réside le principe fondamental de la photographie. L'apparition de l'image visible sur le gélatino-bromure a pour cause dernière la décomposition du bromure d'argent par l'hydrogène, d'après le mécanisme du développement qui sera détaillé plus loin ; cette réduction enlève au bromure une partie de son brome, d'où dépôt d'argent

et formation de sous-bromures, en couche plus ou moins foncée.

Mais les actions chimiques capables de modifier le gélatino-bromure ne se réduisent pas uniquement à l'opération du développement ; il y en a encore d'autres à considérer qui peuvent exercer une très grande influence sur la formation et l'apparition de l'image ; dans cette catégorie se rangent les agents destructeurs de l'image latente, tels que l'encre et le bichlorure de mercure à sec, puis les retardateurs, et les accélérateurs. Enfin, il faut tenir compte des causes qui peuvent agir chimiquement sur la couche sensible indépendamment de toute impression préalable, lumineuse ou autre.

Nous examinerons successivement ces différentes questions en commençant par la plus importante de toutes, celle du développement.

DÉVELOPPEMENT

Révélateurs. — Tout révélateur a pour principe essentiel une substance avide d'oxygène, capable de s'oxyder en absorbant l'oxygène de l'eau ; d'après la théorie admise jusqu'ici, l'hydrogène de l'eau ainsi mis en liberté devient disponible pour réduire le bromure d'argent déjà impressionné par la lumière, il transforme ainsi l'image latente en image visible.

On comprend donc qu'un grand nombre de substances puissent être utilisées dans ce but ; elles se différencieront entre elles par la facilité plus ou moins grande avec laquelle elles s'oxyderont dans ces conditions, et qui caractérisera leur degré d'énergie, ainsi que par la nature et la coloration des produits formés, qui pourront réagir ensuite sur la gélatine.

Un des premiers révélateurs employés pour le géla-

tino-bromure s'obtient par la combinaison d'une dissolution de sulfate de protoxyde de fer avec une dissolution d'oxalate de potasse. L'oxalate ferreux qui en résulte pénètre dans la couche sensible et s'oxyde au détriment de l'eau au contact des molécules du gélatino-bromure. Mais l'oxygène de l'air contribue aussi à l'oxydation à la surface du bain, ce qui amène rapidement un dépôt brun des produits d'oxydation, qui se précipite et tend à s'incorporer à la gélatine.

Ce révélateur est complet en lui-même; mais il en existe un grand nombre d'autres, pris surtout parmi certaines classes de substances organiques, auxquels il est nécessaire d'associer un auxiliaire, qui contribue à leur donner une très grande activité. Cet auxiliaire est généralement un alcali, tel que soude, potasse, ammoniaque, soit à l'état libre, soit à l'état atténué sous forme de carbonate.

Prenons, par exemple, l'acide pyrogallique en dissolution dans l'eau; nous observons que la couche supérieure du liquide jaunit lentement par oxydation au contact de l'oxygène de l'air. Ajoutons quelques gouttes d'une dissolution de potasse caustique : immédiatement, la coloration s'accentue, passe au brun foncé, et, après s'être formée à la surface, descend peu à peu dans le liquide; en quelques minutes, la teinte devient très foncée.

Cette absorption de l'oxygène de l'air est évidemment un travail nuisible, effectué en pure perte, puisque, pour servir au développement, l'oxydation doit avoir lieu par absorption de l'oxygène de l'eau et au contact des molécules du gélatino-bromure.

Si l'on remplace la potasse par le carbonate de potasse, l'oxydation par l'air est moins rapide, mais elle subsiste encore.

Pour la réduire, on ajoute à la dissolution une subs-

tance oxydable, telle que le sulfite de soude, lequel, en se transformant en sulfate, protège le révélateur, dont la teinte se conserve plus claire pendant la durée du développement ; le sulfite permet ainsi au révélateur de concentrer la plus grande partie de son énergie sur la plaque.

L'ensemble de ces trois substances : acide pyrogallique, alcali, sulfite de soude, constitue donc un révélateur complet dans lequel chacune joue un rôle bien déterminé : l'acide pyrogallique est un *réducteur* proprement dit ; l'alcali, un *accélérateur ;* le sulfite, un *préservateur*. Il est essentiel de se faire une idée bien nette de ces différentes attributions non seulement pour comprendre nettement le mode d'action du révélateur, mais encore au point de vue pratique, pour régler les proportions à employer de ces trois substances suivant l'intensité de l'image latente. Si l'on veut obtenir le plus grand degré possible d'opacité sur le cliché, ce qui se présente dans le cas des instantanés et en général toutes les fois que la plaque n'a été soumise qu'à une impression faible, on cherchera à exalter le plus possible l'énergie du révélateur en augmentant la proportion de l'accélérateur, l'alcali. Si, au contraire, on désire ménager les effets d'une plaque suffisamment impressionnée, on diminuera la proportion de l'accélérateur, et on forcera celle du réducteur.

Pour obtenir ces résultats, il faut d'abord connaître les proportions qui produisent le maximum d'effet, le maximum d'opacité du cliché.

Ce travail a été réalisé par M. Reeb en ce qui concerne l'hydroquinone (1), autre substance organique,

---

(1) *Révélateur proposé par le capitaine Abney*. Bulletin de la Société française de photographie, novembre 1880.

qui remplit les mêmes fonctions que l'acide pyrogallique, plus lentement il est vrai, mais avec cet avantage qu'il ne se colore pas sensiblement.

M. Reeb (1) a commencé par déterminer le pouvoir réducteur de l'hydroquinone, en opérant sur l'oxyde d'argent dissous dans le sulfite de soude; il a ainsi trouvé que $0^{gr},08$ d'hydroquinone sont nécessaires et suffisants pour réduire à l'état métallique tout l'oxyde de 1 gramme d'azotate d'argent.

Or, pour précipiter cette quantité d'oxyde d'argent, il faut prendre la quantité correspondante d'alcalin indiquée dans le tableau ci-après :

Potasse caustique	$0^{gr},33$
Soude caustique.	0, 2353
Carbonate de potasse	0, 4064
Carbonate de soude	0, 8411

M. Reeb associe successivement les $0^{gr},08$ d'hydroquinone avec chacun des poids ci-dessus, et, pour chacune des combinaisons, détermine le poids de sulfite nécessaire au maintien d'une teinte blanche ou légèrement jaune paille, qui indique l'inaltérabilité du révélateur. Il trouve ainsi qu'il faut combiner un minimum de $0^{gr},60$ de sulfite de soude avec les chiffres cités plus haut pour la potasse et la soude, et de $0^{gr},40$ avec les deux carbonates. En employant ces proportions, on obtiendra le maximum d'effet dont est susceptible chaque combinaison, les alcalis étant d'ailleurs toujours plus énergiques que leurs carbonates.

Il est bien entendu, en outre, que dans la pratique la proportion de ces substances caustiques doit être

(1) *Contribution à l'étude de l'hydroquinone et de son application en photographie comme révélateur.* Bulletin de la Société française de photographie, septembre 1890.

toujours inférieure à celle qui serait capable d'attaquer la gélatine.

L'iconogène (1) et le paramidophénol (2), autres réducteurs énergiques, ont été étudiés et comparés avec l'hydroquinone par MM. Lumière (3). Lorsqu'on abandonne à l'air des dissolutions de ces trois substances dans l'eau, en proportion de 1/2 p. 100, on constate que la solution de paramidophénol s'altère la première; mais, comme le produit est insoluble, il n'y a pas de coloration. L'altération de l'iconogène devient nettement visible quelques heures après et se traduit par une coloration brun foncé. L'hydroquinone résiste plus longtemps et prend une teinte rougeâtre. Ces réducteurs, additionnés de bases et de carbonates alcalins, donnent par oxydation à l'air les mêmes substances que celles qui prennent naissance pendant le développement. Or ces produits d'oxydation se comportent d'une manière très différente lorsqu'ils imprègnent la gélatine : ils lui communiquent une teinte jaune dans le cas de l'hydroquinone et de l'iconogène, tandis qu'elle reste incolore avec le paramidophénol.

Les dissolutions de ces trois substances ne réduisent pas les sels haloïdes d'argent sans l'addition d'un alcali ou d'un carbonate alcalin, tandis qu'elles réduisent l'azotate d'argent. MM. Lumière, en appliquant le procédé, exposé plus haut, que M. Reeb a employé pour l'hydroquinone, ont trouvé que la réduction complète de 1 gramme d'azotate d'argent exige les quantités suivantes :

Hydroquinone	0gr,07
Paramidophénol	0, 14
Iconogène.	0, 30

(1) Andressen.

(2) Lumière, Andressen.

(3) Bulletin de la Société française de photographie, juin et juillet 1891.

Ils font observer que ces différences n'ont pas grande importance au point de vue pratique, car la substance réductrice, dans un développateur, est toujours en très grand excès par rapport à la quantité d'argent à réduire ; le révélateur est hors de service bien avant d'être épuisé ; ce sont les produits d'oxydation qui semblent intervenir, dans ce cas, pour rendre le développateur inutilisable. Ils concluent en insistant sur l'énergie du paramidophénol et sur son avantage de ne pas colorer la gélatine.

Parmi les réducteurs puissants en usage, citons encore : la pyrocatéchine (1), préparée aujourd'hui par MM. Poulenc par voie de synthèse ; l'amidol (2) (diamidophénol), qui peut être employé sans alcalins, avec le sulfite seul ; le métol (3), qui se conserve bien et ne colore pas la gélatine ; la glycine (4), qui agit plus lentement et donne des clichés sans voile.

Beaucoup d'autres corps ont la propriété d'être utilisables comme réducteurs pour le développement, mais à des degrés moindres que ceux dont il vient d'être question.

Quant aux alcalis caustiques, qui ont l'inconvénient d'attaquer la peau ainsi que la gélatine des clichés, MM. Lumière et Seyewetz ont cherché s'il ne serait pas possible de les remplacer par d'autres substances, remplissant le même rôle, dans la composition du révélateur. Ils ont trouvé (5) que, dans tous les développateurs alcalins, à l'exception du développateur au paramidophénol, il y a avantage à substituer aux alcalis caus-

(1) Eder et Toth.

(2) Hauff, Lumière.

(3) Hauff.

(4) Eder.

(5) Bulletin de la Société française de photographie, 1er janvier 1895.

tiques ou carbonatés le phosphate tribasique de soude. Avec 133 grammes de ce phosphate pour 100 grammes de carbonate de soude cristallisé, on obtient dans tous les cas des clichés plus intenses qu'avec le carbonate ; or, on peut encore augmenter la dose de phosphate sans inconvénient, tandis qu'il est impossible de forcer celle des alcalis libres ou carbonatés sans risque pour la couche de gélatine. Ils ont constaté que l'emploi du phosphate est particulièrement avantageux avec l'hydroquinone et la glycine.

Enfin, le sulfite de soude peut être remplacé par le bisulfite d'ammoniaque.

Action de l'encre à sec. — L'action exercée par l'encre à sec sur le gélatino-bromure vient se placer après l'exposé relatif aux révélateurs en raison de l'éclaircissement qu'elle apporte au mécanisme du développement de l'image latente. Les considérations relatives à cette importante question résultent d'un travail que j'ai effectué dernièrement et qui s'étend aux papiers et plaques photographiques (1) ; je ne parlerai ici que de ce qui concerne spécialement le gélatino-bromure.

Je dirai tout d'abord qu'il s'agit là d'encres à écrire, et en particulier de celles qui s'oxydent facilement à l'air après dessiccation, comme l'encre au fer, et surtout l'encre Antoine dite Japonaise et autres à base d'extrait de bois de campêche, d'acide oxalique, et de substances oxydables ; on en verra plus loin la raison.

Voici en quoi consiste cette action. Si l'on met en contact avec une plaque au gélatino-bromure, pendant un ou deux jours, un papier partiellement imprégné

(1) Voir les numéros de Bulletin du la Société française de photographie des 15 mai, 15 juillet, 15 décembre 1895, 15 janvier, 15 mars 1896.

d'encre et séché, on constate, en exposant ensuite cette plaque à la lumière pendant le temps convenable pour une impression normale, que les parties qui ont été soumises au contact de l'encre ont été rendues insensibles à la lumière et restent claires dans le révélateur pendant que le fond noircit. Si la plaque a subi l'action de la lumière avant de recevoir l'influence de l'encre, le résultat est le même ; dans ce cas, l'encre détruit l'impression lumineuse préalable.

On peut ainsi, comme application, reproduire par simple contact un dessin au trait ou à demi-teintes, affaiblir une image latente trop forte, atténuer un halo, développer avec un éclairage sans verre coloré, faire disparaître un voile, etc.

Si, maintenant, on cherche la raison théorique de ce phénomène, on arrive aux remarques suivantes.

Lorsque la couche sensible, formée seulement du bromure et de la matière organique, n'a pas encore été impressionnée par la lumière, on constate que l'influence de l'encre ne donne aucune coloration et ne modifie pas la solubilité dans l'hyposulfite de soude. Si la lumière a déjà agi, l'image affaiblie par l'encre se développe et se fixe comme d'habitude. On est ainsi amené à penser que l'action de l'encre s'exerce non pas sur le bromure puisqu'il est inaltéré, mais sur la matière organique.

Il est d'ailleurs possible de prouver directement que cette matière organique est, en effet, chimiquement modifiée.

Prenons une plaque de verre recouverte de gélatine, que nous avons débarrassée du composé d'argent par l'hyposulfite, et soumettons-la à l'action de l'encre. En retirant la plaque, on ne voit d'abord rien sur la gélatine sèche, ni par transparence, ni par réflexion ; mais si l'on fait intervenir l'humidité, soit en soumettant à la

vapeur d'eau, soit en plongeant dans l'eau, on s'aperçoit que les parties influencées se gonflent moins que les autres. On est donc déjà en droit de conclure que la gélatine a éprouvé un changement.

Avant d'humecter la gélatine, versons sur sa surface une dissolution d'azotate d'agent ; il se forme, sur les parties influencées un léger précipité blanc qui est rapidement entraîné par le liquide. En rejetant immédiatement l'excès de liquide, on peut conserver une partie du produit formé ; celui-ci, traité par la potasse et l'acide pyrogallique, donne un précipité noir.

Si on lave la gélatine avant de lui faire subir ce traitement, la différence de relief subsiste, mais il ne se forme plus rien sur les parties influencées, lorsqu'on y verse les dissolutions ci-dessus ; le fond seul brunit.

Un papier albuminé, soumis à l'encre, est ensuite plongé dans une dissolution d'azotate d'argent, puis soumis tout humide à la lumière ; les parties influencées restent insensibles pendant que le fond brunit. La potasse leur donne une teinte grise, et l'acide pyrogallique les rend ensuite brunes.

De ces réactions, on peut tirer les conclusions suivantes : il s'est formé, dans la matière organique, un composé qui est entraîné par l'eau et qui ne réduit pas l'azotate d'argent. Sous ce composé, la matière organique elle-même a perdu toute propriété de réduire l'azotate d'argent ; elle absorbe alors, sans l'altérer, ce sel, qui peut ensuite déposer d'abord de l'oxyde d'argent, puis de l'argent, par les actions successives de la potasse et de l'acide pyrogallique. Or l'élément le plus oxydable de la matière organique est l'hydrogène ; celui-ci est donc rendu indisponible par l'encre, ce qui ne peut avoir lieu ici que par une oxydation puis-

qu'il n'y a là aucun des autres corps, tels que le chlore, le brome et l'iode, avec lesquels il aurait pu entrer en combinaison.

Et il est facile de montrer, en effet, que l'encre, en s'oxydant au détriment de l'oxygène de l'air, tend à déterminer l'oxydation des substances avec lesquelles elle est en contact. Je citerai, à ce sujet, les expériences suivantes.

Une couche d'empois d'amidon est étendue sur une lame de verre, séchée, puis recouverte d'une dissolution moyennement concentrée d'iodure de potassium, et séchée de nouveau. Le contact de lettres à l'encre y produit l'apparition de caractères d'un rouge brun, et l'effet se continue pendant trois jours. Si l'on plonge ensuite la plaque dans l'eau, l'amidon se désagrège et se détache du verre, excepté à l'endroit des caractères, qui prennent alors la teinte bleu indigo caractéristique de l'iodure d'amidon. Il y a donc eu décomposition de l'iodure de potassium, par oxydation du potassium, et mise en liberté de l'iode, qui s'est combiné à l'amidon ; celui-ci est devenu insoluble.

Le fer, le plomb, le zinc, etc., se recouvrent, au contact de l'encre sèche, d'une couche caractéristique qui met en évidence l'oxydation du métal.

On peut donc conclure, de tout ce qui précède, que l'action de l'encre sur le gélatino-bromure consiste dans une oxydation de la matière organique, soit par entraînement, soit par effet de production d'ozone dans l'oxydation de l'encre.

Il en résulte immédiatement une conséquence extrêmement importante : puisque cet effet a rendu la plaque insensible au révélateur, c'est que l'hydrogène de la matière organique, qui n'est plus disponible, était indispensable dans le mécanisme du développement ;

cette considération va nous permettre de compléter la théorie du développement.

Mais, avant, il est intéressant de constater un effet analogue d'insensibilisation que j'ai découvert sur le gélatino-bromure, par contact du bichlorure de mercure (1), également à sec, avec cette différence que l'hydrogène de la matière organique tend à se combiner ici, non plus à l'oxygène, mais au chlore.

Action du bichlorure de mercure à sec. — Un papier, plongé pendant quelques minutes dans une dissolution de bichlorure de mercure, puis séché, produit un effet très énergique sur la couche de gélatino-bromure ; il suffit d'un contact de quelques heures pour amener l'insensibilisation. Si la lumière a déjà agi, le bichlorure ramène en arrière l'impression qu'elle a produite, et insensibilise pour une action ultérieure.

On peut donc utiliser un papier au bichlorure de mercure pour plusieurs des applications que j'ai indiquées à propos de l'action de l'encre ; il est moins commode pour la reproduction de dessins, mais il l'est davantage pour l'affaiblissement de l'image latente, car il a l'avantage de conserver très longtemps son activité.

Cette action du bichlorure s'explique facilement de la façon suivante. On sait qu'il forme avec les matières organiques des composés insolubles, en leur cédant du chlore et en se transformant en protochlorure ; ici, il cède une partie de son chlore à l'hydrogène de la gélatine, et le protochlorure reste associé dans la couche au bromure d'argent ; d'où, double cause d'insensibilisation, parce qu'une partie de l'hydrogène de la gélatine n'est plus disponible pour la réaction photographique, et parce

---

(1) Voir le Bulletin de la Société française de photographie du 15 mai 1896.

que le composé d'argent et de mercure ainsi formé est d'une décomposition plus difficile. Toutefois, il importe de remarquer que la première cause suffirait, à elle seule, pour insensibiliser, ainsi que le prouve l'action bien connue du bichlorure de mercure employé pour renforcer le cliché développé et fixé. On sait, en effet, qu'après cette action il s'est formé du chlorure d'argent et du protochlorure de mercure, et que ce chlorure d'argent ne noircit pas sous l'influence de la lumière, même des rayons solaires directs; une insensibilisation aussi complète s'explique par la chloruration de l'hydrogène de la matière organique.

Théorie de l'image latente et du développement. — Ainsi, il est bien établi que la combinaison de l'hydrogène de la gélatine soit avec l'oxygène, soit avec le chlore s'oppose au développement de l'image latente du gélatino-bromure. Le rôle de la matière organique est donc capital ; il jette un jour nouveau sur la formation de l'image latente et sur le mécanisme du révélateur.

Considérons, en effet, un mode quelconque d'énergie agissant sur le gélatino-bromure ; l'impression n'est pas apparente, mais elle est susceptible d'être rendue visible par le développement. Cette énergie absorbée a donc produit dans la couche un certain travail, a amorcé un effet, qui sera complété par le révélateur : c'est le travail moléculaire préliminaire, qui précède la décomposition ; il a pour résultat, ici, en activant le mouvement vibratoire des molécules, de préparer une partie de l'hydrogène de la gélatine à sortir de ce composé, et de faciliter par suite la combinaison de cet hydrogène avec les corps pour lesquels il a une grande affinité : l'oxygène, le chlore, le brome et l'iode.

On explique actuellement le rôle du révélateur en

disant que celui-ci absorbe l'oxygène de l'eau et que l'hydrogène ainsi mis en liberté s'unit au brome du bromure dont la lumière a préparé la décomposition ; quant à la matière organique, on la considère comme remplissant uniquement la fonction de support inerte ; aussi n'en est-il pas question, et est-elle laissée complètement à l'écart.

Or les considérations que je viens d'exposer conduisent à une explication plus complète : l'oxydation du révélateur au détriment de l'oxygène de l'eau au contact des molécules du gélatino-bromure produit un dégagement d'énergie ; celui-ci termine le travail moléculaire amorcé dans le composé d'argent et dans la matière organique par la lumière ou par une autre forme de l'énergie, et provoque la combinaison de l'hydrogène de la gélatine soit directement avec le brome du bromure, soit avec l'oxygène de l'eau, laquelle fournit ainsi une nouvelle quantité d'hydrogène au bromure impressionné.

Ce mécanisme est une conséquence directe et logique du grand principe de la transformation et de la conservation de l'énergie :

1° Surexcitation du mouvement moléculaire du gélatino-bromure par une forme lumineuse, ou calorifique, ou mécanique de l'énergie, d'où impression latente, susceptible de se conserver un certain temps ; nous en verrons d'autres exemples dans la phosphorescence, dans des expériences anciennes de Niepce de Saint-Victor, etc.

2° Nouvelle surexcitation du mouvement moléculaire du gélatino-bromure par l'énergie dégagée de l'oxydation du révélateur ; ce dégagement d'énergie produit par une oxydation s'apprécie ordinairement, suivant le langage de nos sens, par ce qu'on appelle un dégage-

ment de chaleur. Cette influence achève la séparation des molécules d'hydrogène contenues dans la gélatine, ainsi que celle du brome du bromure ; en même temps, elle détermine la combinaison du brome, d'une part avec l'hydrogène provenant de la décomposition de l'eau par le révélateur, et d'autre part avec l'hydrogène provenant de la gélatine.

J'insiste sur cette nouvelle manière de comprendre le fonctionnement du révélateur, parce que ce fonctionnement constitue la base même de la photographie.

Je ferai remarquer que la théorie exposée ci-dessus, qui découle tout naturellement de la conception du mouvement moléculaire, se suffit à elle-même sans qu'il soit besoin d'invoquer ce qu'on appelle la théorie chimique de l'image latente, dans laquelle on suppose que la première impression produit déjà un sous-bromure ; non seulement cette hypothèse n'est pas nécessaire, mais elle est en contradiction avec plusieurs faits. Tel est, par exemple, le manque absolu de coloration de l'image latente lorsque l'impression est normale ; une teinte grise commence seulement à apparaître lorsque cette impression normale est dépassée ; il y a bien alors commencement de réduction du bromure et formation de sous-bromures, mais aussi le révélateur donne dans ces conditions une image renversée, c'est-à-dire positive au lieu d'être négative. Le moment où l'image commence à devenir visible sur la plaque par action directe de la lumière est précisément celui où le révélateur commence aussi à produire le renversement ; c'est le phénomène de la solarisation, dont le détail sera exposé dans le chapitre II.

Réactions qui détruisent l'image latente. — L'encre et le bichlorure de mercure ne sont pas les seules subs-

tances capables de détruire l'image latente. Il en existe beaucoup d'autres; en général, ce sont celles qui peuvent céder de l'oxygène, ou du chlore, ou du brome, ou de l'iode. Tels sont l'ozone, l'eau oxygénée, l'eau chlorée, ou bromée, ou iodée.

Le bichromate de potasse mérite une mention spéciale. Employé seul, il ne détruit pas l'image latente, ainsi que l'a montré M. Vidal ; mais M. Demôle a constaté (1) que si, à une solution de bichromate ou d'acide chromique, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique, et qu'on y plonge pendant dix minutes une plaque exposée, puis, qu'on la lave pendant un temps égal, on ne pourra faire apparaître aucune image dans le révélateur. Or on sait que, dans ces conditions, il y a dégagement d'oxygène ; la solution est donc oxydante, et la destruction de l'image latente est alors due à l'oxydation du gélatino-bromure. Cet effet peut être comparé à celui que nous avons obtenu avec l'encre.

En cherchant de nouveaux révélateurs, MM. Lumière (2) ont trouvé que le chlorure cuivreux ammoniacal a la propriété de réduire le bromure d'argent impressionné, avec formation de chlorure et de bromure cuivriques ; mais, comme ceux-ci détruisent l'image latente, la réduction ne continue pas, et on n'obtient que des clichés faibles. De plus le chlorure cuivreux s'altère sous l'influence de l'air en fournissant aussi des sels cuivriques, dont l'action nuisible vient s'ajouter à la précédente. Les bromures et iodures cuivreux donnent des résultats analogues.

Tous ces effets s'expliquent par la combinaison de l'oxygène, du chlore, du brome et de l'iode avec l'hy-

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie du 1er mai 1896, d'après la *Revue Suisse de photographie* d'octobre 1895.

(2) *Ibid.*, novembre 1887.

drogène de la gélatine ; j'en citerai une preuve directe, en particulier avec le brome, dans ce fait que, si l'on verse de l'eau bromée dans une dissolution de gélatine, il se produit une combinaison insoluble, sous forme de précipité jaune. Cet hydrogène, devenu ainsi indisponible, ne peut plus jouer son rôle dans le développement. Il faut tenir compte aussi, dans certains cas, de la formation de nouveaux composés moins sensibles.

Retardateurs. — L'hydroquinone, l'iconogène, le paramidophénol ne font apparaître l'image normalement que si l'on emploie une solution alcaline ; mais il y a un retard, ou même suppression complète de la réduction, si le bain est acide. Les acides citrique et tartrique sont souvent utilisés comme retardateurs ; si on les fait agir sur la plaque au sortir du révélateur, ils arrêtent immédiatement le développement, même en pleine lumière ; ces acides neutralisent l'alcali et décomposent le sulfite avec dégagement d'acide sulfureux.

Mais tous les révélateurs ne se comportent pas de la même façon ; ainsi, le capitaine Abney a montré (1) que l'acide pyrogallique additionné de sulfite de soude, rendu nettement acide par l'acide chlorhydrique ou par le bisulfite de soude, développe encore l'image.

Les chlorures, bromures et iodures alcalins retardent aussi la venue de l'image. Le plus usité est le bromure de potassium ; son action provient de différentes causes : il dissout un peu de bromure d'argent, ce qui affaiblit un des éléments nécessaires pour la coloration, et il se forme un bromure double plus difficile à décomposer.

Citons encore l'acétate de soude comme retardateur

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie de 1886.

pour l'hydroquinone, et le borate de soude pour l'acide pyrogallique.

Enfin, les réactions qui sont capables de détruire l'image latente peuvent aussi être employées, d'une façon atténuée, pour l'affaiblir.

Dans tous les cas, les retardateurs donnent au révélateur le temps de pénétrer à l'intérieur de la gélatine avant qu'il ait agi sur les parties superficielles ; ils permettent de conserver aux blancs toute leur pureté ; d'où tendance à une exagération des oppositions et à la dureté. Les meilleurs seront ceux qui produiront un effet suffisant pour amortir le coup de fouet initial du révélateur sur la surface sans causer trop de détriment aux éléments qui sont nécessaires à l'apparition de l'image.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que, dans le fonctionnement de tout révélateur alcalin, il y a formation d'acide bromhydrique par la combinaison de l'hydrogène provenant soit de l'eau, soit de la matière organique, avec le brome du bromure d'argent ; cet acide bromhydrique donne avec la potasse, la soude, l'ammoniaque, à l'état de base ou de carbonate, un bromure alcalin qui est un retardateur. On comprend ainsi qu'un révélateur qui a déjà servi au développement de plusieurs plaques devienne plus lent, non pas seulement parce qu'il contient moins de substance active, mais aussi parce qu'un retardateur s'y est formé.

Accélérateurs. — Les accélérateurs, au contraire, sont destinés à activer le fonctionnement du révélateur dans les cas où le développement s'effectue trop lentement en raison soit de la composition même du révélateur, soit de l'insuffisance de l'impression préalable qui a formé l'image latente, soit des conditions de température.

Nous savons déjà que les alcalis et les carbonates

alcalins sont des accélérateurs énergiques, par la facilité avec laquelle ils aident l'oxydation du réducteur qui entre dans la constitution du révélateur.

Avec l'oxalate ferreux, on emploie souvent quelques gouttes d'une dissolution d'hyposulfite de soude. Le rôle de ce corps n'est pas nettement défini ; il peut s'expliquer en partie par une oxydation, dont l'énergie s'ajoute à celle du révélateur pour rendre plus rapide la réduction du bromure. On doit remarquer, aussi, que dans les cas où le bain est acide, l'hyposulfite tend à se décomposer en soufre, qui peut déterminer la production d'un peu de sulfure d'argent, et en acide sulfureux qui, lui, s'oxyde. Il ne faut recourir à cet accélérateur qu'avec une certaine prudence, parce qu'il a des dispositions à voiler la plaque, et que, d'autre part, il dissout rapidement le bromure d'argent.

Le sulfite de soude, en servant de préservateur, s'oxyde et contribue ainsi à activer le développement ; toutefois il ne doit pas être employé en forte proportion, parce qu'il dissout aussi, quoique moins facilement, le bromure d'argent.

En général, les agents qui hâtent l'oxydation *utile* du révélateur peuvent servir comme accélérateurs. En particulier, l'oxygène de l'air, qui est nuisible lorsqu'il agit sur la surface du bain, produit au contraire un effet utile s'il est amené au contact du gélatino-bromure. Pour cela, il suffit de sortir la plaque hors du révélateur de temps en temps et de la laisser exposée à l'air pendant quelques secondes ; l'oxydation du liquide dont la gélatine est imprégnée devient plus rapide en présence de l'oxygène de l'air, et comme ceci se passe au contact des molécules du gélatino-bromure, le surcroît d'énergie augmente la puissance du développement et la rapidité dans une mesure très appréciable.

Quel que soit le procédé, si l'accélérateur fonctionne dès que la plaque est plongée dans le bain, la surface de la couche sensible se trouve saisie et attaquée avant que le révélateur ait eu le temps de pénétrer plus profondément ; il en résulte une atténuation des contrastes, d'où cliché doux, léger, avec tendance au voile.

Influence de la température sur le développement. — Une élévation de température favorise le développement et peut être classée, par conséquent, au nombre des agents accélérateurs. M. Studglitz (1) recommande comme température normale celle de 15 degrés C. ; au-dessus, le révélateur donne des clichés faibles ; au-dessous, il produit des clichés durs. A une variation de 5 à 6 degrés correspond une différence accentuée.

D'après M. Voigt (2), les meilleurs effets avec l'iconogène s'obtiennent à la température de 8 à 10 degrés C. ; il a constaté que, si l'on dépasse ce point, l'action est plus rapide, mais tend à rendre les clichés trop légers.

M. Guillaume (3) conseille de chauffer les plaques en hiver avant de les développer ; il pense que la couche est ainsi rendue plus poreuse et plus perméable au révélateur.

M. Gaedicke (4) a effectué une série d'expériences qui montrent que, lorsqu'une plaque au gélatino-bromure a reçu une impression, on peut la soumettre à une température élevée sans faire disparaître l'image latente. Seulement, à partir de 85 à 90 degrés, il se produit une

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie d'avril 1890, d'après *Photog. Rundschau.*

(2) *Ibid.*, avril 1890, d'après une communication faite à la Société photographique de Francfort.

(3) *Ibid.*, décembre 1893.

(4) *Ibid.*, juin 1887, d'après *Photog. Mitteilungen* de novembre 1886.

action qui engendre au développement des voiles plus ou moins intenses. Si l'on va jusqu'à 100 degrés, le voile devient tellement épais qu'il masque l'image. Ceci se passe à sec ; mais, si l'on commence par faire gonfler dans l'eau la couche de gélatino-bromure, on voit que l'image latente n'est pas détruite par la fusion de la gélatine ; elle est seulement déformée par les mouvements du liquide. Enfin, sur une couche maintenue liquide et horizontale, l'image latente se forme comme à l'ordinaire, et peut être développée lorsque la couche est solidifiée.

Un abaissement de température détermine une diminution de la sensibilité et joue le rôle d'agent retardateur. En Angleterre, Dewar a trouvé que la plaque au gélatino-bromure est encore sensible à la lumière à — 180 degrés; et le capitaine Abney, en comparant ces effets avec ceux qui sont obtenus à la température ordinaire, a constaté que la sensibilité perd ainsi 80 p. 100 environ de sa valeur.

L'énergie calorifique excite le mouvement moléculaire et favorise les réactions chimiques du développement.

Influence du temps sur l'image latente. — Il résulte d'un grand nombre d'observations que l'intensité de l'image latente semble augmenter pendant un certain temps après l'exposition à la lumière, puis passe par un maximum, et enfin diminue lentement jusqu'à ne plus donner qu'une trace très faible dans le révélateur. Ces deux périodes de croissance et de décroissance ont des durées très variables suivant la nature de l'émulsion et les conditions extérieures; la première peut atteindre quelques jours, la deuxième se compte par mois et par années.

Ces deux phénomènes s'expliquent par l'emmagasine-

ment de l'énergie : le mouvement vibratoire transmis aux molécules par la radiation lumineuse continue pendant quelque temps à accumuler le travail qui prépare la décomposition ; puis, la surexcitation s'éteint peu à peu, et le mouvement moléculaire tend à reprendre son état primitif. Le temps amène aussi, surtout en présence de l'humidité, l'oxydation lente de la gélatine par l'oxygène de l'air, qui entraîne une diminution de la sensibilité.

Renverseurs. — Le colonel Waterhouse (1) a constaté que divers corps appartenant à la famille des sulfocarbamides ont la singulière propriété de transformer l'image négative en positive lorsqu'on les ajoute en petite quantité à l'un des révélateurs alcalins employés après une pose normale. Les effets les mieux caractérisés s'obtiennent avec l'allylsulfocarbamide (thiosinnamine), ou avec la phénylsulfocarbamide (sulfophénylurée), dans un révélateur à l'hydroquinone ou à l'iconogène ou à l'acide pyrogallique additionné de sulfite.

La thiosinnamine se prépare par réaction de l'ammoniaque sur l'essence de moutarde ; en la dissolvant à saturation dans l'eau, et en prenant 1 partie de cette dissolution pour 100 parties de révélateur, on produit le renversement de l'image.

Si l'on emploie la phénylsulfocarbamide, il faut 20 à 25 volumes de la dissolution aqueuse saturée pour 100 volumes du révélateur.

D'après le même auteur (2), une addition de thiocarbamide avec bromure d'ammonium au révélateur à l'iconogène amène aussi le renversement.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie de mars 1891 (d'après le *Phot. News*.

(2) *Ibid.*, d'août 1891.

Tels sont encore un excès d'hyposulfite de soude dans le révélateur à l'oxalate ferreux (Eder), et l'hyposulfite agissant dans certaines conditions sur le bromure d'argent (Carey-Lea).

Ces corps sont plutôt des réducteurs ; il est probable qu'ils déterminent une attaque immédiate de la surface de la couche, à la façon des accélérateurs, dans les parties de l'image latente les plus impressionnées ; cette pellicule, formée d'argent et de sous-bromures et peut-être d'autres produits, s'oppose à la pénétration du révélateur ; au contraire, dans les parties de l'image latente moins impressionnées, le révélateur peut pénétrer plus profondément et réduire le bromure sous une plus forte épaisseur ; il est possible alors que la teinte de ces dernières parties devienne plus foncée que celle des premières.

ACTIONS CHIMIQUES QUI PRODUISENT UNE IMPRESSION

Image latente due à une énergie chimique. — Carey-Lea a signalé (1) une action très remarquable exercée par l'hypophosphite de soude sur des papiers au chlorure, au bromure et à l'iodure d'argent. Si l'on forme une couche mince d'un de ces composés, et si on y fait des marques avec une baguette de verre trempée dans une solution d'hypophosphite, ces marques ne se voient pas, mais peuvent être développées comme une image produite par la lumière, par exemple, au moyen de l'oxalate ferreux.

A froid, une solution concentrée agit déjà en une minute, et d'une façon très énergique en une demi-heure ; la chaleur rend l'effet encore plus rapide.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie de septembre 1889.

Un résultat analogue s'obtient en substituant à l'hypophosphite une solution diluée de potasse et d'une substance organique oxydable ; avec le sucre de lait, l'action est très forte.

Carey-Lea a fait ensuite l'expérience suivante :

Si, en partant de la solution précédente d'hypophosphite, à 25 ou 30 p. 100, on prend des solutions de plus en plus étendues, l'intensité donnée par le développement aux marques sur un papier au bromure d'argent va en s'affaiblissant, et il arrive un moment, pour une proportion de 2 p. 100, où l'effet se renverse, c'est-à-dire que les marques se détachent maintenant en clair.

L'hypophosphite peut, d'ailleurs, renverser l'action de la lumière, et réciproquement. On prend deux morceaux de papier au bromure d'argent ; on en conserve un dans le laboratoire obscur, on expose l'autre à la lumière diffuse pendant cinq à vingt secondes, on fait des marques sur les deux morceaux avec la solution concentrée d'hypophosphite qu'on laisse agir pendant quelques minutes, puis on les plonge en même temps dans le révélateur. Les marques se développent en noir sur fond clair dans le premier cas, et en clair sur fond noir dans le second. Inversement, la lumière peut renverser l'effet produit par l'hypophosphite.

Carey-Lea conclut de cet ensemble de faits que l'image latente due à la lumière est de même nature que l'image latente déterminée par l'hypophosphite.

Or, il a établi préalablement qu'une solution concentrée d'hypophosphite, mise en présence du chlorure d'argent, commence à réduire celui-ci avant la température d'ébullition, et lui donne une couleur chocolat foncé après dix à quinze minutes d'ébullition, c'est-à-dire que, dans ces conditions, il y a formation graduelle de sous-chlorures qui se combinent avec le chlo-

rure normal; de même pour le bromure. Il en déduit que l'image latente causée par l'impression lumineuse est attribuable aussi à un mécanisme chimique du même genre.

Comme ce sujet présente un grand intérêt, il y a lieu de chercher à l'approfondir.

Si l'on est amené par ces expériences à admettre une identité d'effets entre les deux sortes d'image latente produites par une solution concentrée d'hypophosphite et par la lumière, il est permis aussi de trouver peu logique le raisonnement qui conduit à la déduction précitée ; car les conditions dans lesquelles commence la réduction du composé d'argent en présence de l'hypophosphite sous l'action de la chaleur ne sont pas du tout les mêmes que celles dans lesquelles s'exerce l'impression lumineuse. D'autre part, cette hypothèse ne peut expliquer le phénomène si curieux du renversement de l'image, déterminé par l'affaiblissement de la solution d'hypophosphite ; il y a bien là, si l'on veut, un *effet* analogue à celui que produit la lumière dans la solarisation, mais il existe aussi une différence essentielle dans le mode d'action de la *cause*, puisque, pour obtenir le même effet, il faut augmenter l'action de la lumière, et au contraire diminuer celle de l'hypophosphite.

Pour toutes ces raisons, la conclusion en faveur d'une constitution chimique de l'image latente produite par la lumière n'est pas satisfaisante.

Ces faits trouvent une explication dans la théorie exposée plus haut de l'image latente et du développement.

L'hypophosphite de soude est un corps oxydable, qui tend à absorber l'oxygène de l'eau en dégageant une certaine énergie calorifique ; celle-ci détermine dans le gélatino-bromure le travail moléculaire préliminaire qui

prépare la décomposition ; autrement dit, il y a impression latente, et celle-ci est complétée par le révélateur qui fait apparaître l'image. Il y a simplement substitution de l'énergie chimique à l'énergie lumineuse dans la formation de l'image latente. Quant au renversement, il s'explique comme il a été indiqué plus haut à propos des renverseurs.

Actions chimiques directes. Sulfuration. — Parmi les actions chimiques qui peuvent amener la formation d'une image sur le gélatino-bromure, une des plus importantes est la sulfuration de l'argent.

C'est à cette cause, par exemple, qu'il faut attribuer la teinte noire qui borde quelquefois les plaques du commerce. La sulfuration provient alors soit de vapeurs d'acide sulfhydrique qui se trouvent souvent dans l'air, soit du papier qui sert à l'emballage des plaques ; celui-ci peut, en effet, contenir des traces de l'hyposulfite qui est employé pour débarrasser le papier du résidu de chlore et qui est souvent combiné à certaines matières colorantes.

Vapeurs. — Dans cet exemple, le simple contact suffit ; mais la chaleur active l'effet, voici comment :

Si l'on place un cliché au contact d'une plaque au gélatino-bromure, et si on chauffe le cliché, l'eau que la gélatine retient toujours s'évapore et vient se condenser sur le gélatino-bromure. Si le cliché a été bien lavé et ne contient plus de produits chimiques, on ne peut constater que l'effet d'insensibilisation déterminé par l'action combinée de la vapeur et de la chaleur (v. III), et encore faut-il, pour cela, que la température de la plaque soit portée à au moins 40 degrés. Si le cliché n'a pas été complètement débarrassé du révélateur et de

l'hyposulfite après le fixage, les traces qui restent sont entraînées par l'eau sur la plaque et y déterminent un effet chimique.

J'ai constaté que cette influence chimique, par l'intermédiaire de la chaleur, est favorisée par un abaissement de température de la plaque sensible, sans doute parce que ce refroidissement aide à la condensation des vapeurs émises par le cliché ; il y a là une sorte de distillation, allant du cliché à la plaque, et d'autant plus efficace que la différence des deux températures est plus accentuée.

Dans le cas où le cliché a été renforcé, les traces des substances qui ont été employées à cette opération, le bichlorure de mercure par exemple, jouent encore un rôle dans l'influence qui vient d'être indiquée.

Il est bien certain que ces influences chimiques par l'intermédiaire de la chaleur tiennent une place importante, souvent même exclusive, dans les expériences dont il a été fait tant de bruit récemment, relatives à la photographie au travers de corps opaques au moyen de sources à la fois lumineuses et calorifiques, comme la lampe à pétrole, la lumière oxhydrique, la lumière électrique à arc, etc. Cela se comprend déjà facilement par ce qui précède, et est, d'ailleurs, confirmé entièrement par les dernières expériences exécutées à ce sujet, en particulier par celles de MM. Drouet et E. Vallot, ainsi qu'on le verra en détail dans le chapitre VII.

Action du zinc. — J'ai constaté que le zinc, récemment décapé, exerce sur le gélatino-bromure une action énergique (1).

Si l'on décape avec du papier émeri une portion d'une feuille de zinc qui a été abandonnée à elle-même depuis

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 6 juillet 1896.

un certain temps, et si on la met en contact avec une plaque au gélatino-bromure pendant environ vingt-quatre heures, le développement fait apparaître une teinte d'un gris foncé en face de la partie décapée, d'un gris plus clair en face des parties encore brillantes mais non décapées récemment, tandis qu'il ne se produit presque rien en face des parties oxydées. Cette action se manifeste aussi à distance, et au travers de certains corps, ainsi qu'il en sera question dans le chapitre VII.

Voici comment j'ai établi que la cause de ce phénomène est de nature chimique.

J'ai disposé sur la plaque sensible une petite lame de zinc pliée à angle droit ; une des branches reposait horizontalement sur la plaque, tandis que l'autre s'élevait verticalement ; en face de cette dernière branche, à une distance de 3 millimètres, se trouvait un carton vertical, percé d'une fenêtre partant de la plaque. S'il s'agit d'une radiation, on devra observer sur la plaque la trace d'une ombre et d'une pénombre, d'après les lois géométriques du rayonnement. Or, rien de tel ne se produit : une teinte grise dégradée s'étend à partir du zinc, non seulement à l'intérieur de la fenêtre, mais tout autour du carton, qui n'a préservé que le trait par lequel il reposait sur la plaque. Dans une autre expérience, j'ai placé le zinc sur un pont en carton de 6 millimètres de haut ; l'effet s'est étendu tout autour et aussi en dessous du pont, en teinte dégradée, et la seule partie restée blanche est encore l'appui de la branche du carton sur la plaque. Une pièce d'argent, légèrement soulevée, a également laissé passer l'effet en dessous, sauf sur la région même de contact avec la plaque. Dans ces expériences et dans beaucoup d'autres, *l'obstacle est tourné*. L'effet est donc dû, non pas à une radiation, mais à une émanation.

D'autre part, les éléments de l'air n'interviennent pas, car je n'ai pas trouvé de différence appréciable en développant dans un même bain deux plaques du même paquet, soumises pendant quarante-huit heures aux deux moitiés d'une même lame de zinc, l'une dans l'air, l'autre dans le vide de la machine pneumatique.

Il ne reste plus alors à invoquer, comme cause, que la *vapeur de zinc.*

Cette émanation diminue lentement au fur et à mesure que la surface du métal s'oxyde ; mais le décapage lui restitue toute son énergie.

Il ne suffit pas de plonger la plaque dans l'eau pour faire apparaître l'image, la vapeur de zinc ne déplace pas simplement l'argent du bromure ; et le révélateur joue là un rôle essentiel. D'un autre côté, rien ne se produit sur les papiers au chlorure et à l'azotate d'argent, ni au bichromate de potasse, ni au sulfate de cuivre, à l'état sec. Il est donc probable que la vapeur de zinc amorce seulement la réduction du bromure d'argent, qui est complétée par le révélateur.

Une plaque enfermée pendant quarante-huit heures dans une boîte avec du zinc décapé, placé de façon que sa vapeur agisse sur la plaque non directement, mais par diffusion à distance dans l'air, accuse un voile prononcé, dont sont seules exemptes les parties protégées par le contact immédiat d'un corps non poreux.

M. Demarçay a montré en 1882 (1) que la volatilité existe déjà dans le vide pour certains métaux à des températures relativement peu élevées, par exemple pour le zinc à 184 degrés, tandis que, dans l'air, à la pression atmosphérique, ce métal se vaporise aux environs de 1000 degrés. Aujourd'hui, grâce à l'extrême sensibilité

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 24 juillet 1882.

du gélatino-bromure, qui fonctionne ici comme réactif chimique d'une incomparable délicatesse, la production de vapeur de zinc est mise en évidence à la pression et à la température ordinaires.

Ce résultat n'est pas seulement intéressant au point de vue théorique ; il conduit à plusieurs conséquences pratiques importantes, dont quelques-unes seront indiquées à propos de la photographie au travers des corps opaques (ch. VII) et de la conservation des plaques (ch. VIII).

La poudre de zinc, même simplement frottée sur du papier, est au moins aussi énergique qu'une lame du métal. Il n'y a, d'ailleurs, pas de différence sensible entre le zinc du commerce et le zinc chimiquement pur.

Le magnésium et le cadmium donnent le même effet que le zinc, à l'intensité près ; mais je n'ai rien obtenu avec le plomb, l'étain, le cuivre, le fer, l'aluminium, ni même avec le mercure, quoique ce métal émette des vapeurs abondantes dans les conditions ordinaires.

CHAPITRE II

Actions lumineuses.

NATURE DE LA LUMIÈRE

Comme la lumière est le principal agent de l'impression photographique, il est essentiel d'en définir d'abord la nature.

La sensation que nous appelons lumineuse résulte d'un ébranlement d'une certaine espèce que la rétine reçoit et transmet au cerveau ; et c'est à ce mouvement particulier, *cause* de la sensation, que revient le nom de *lumière,* dans son acception la plus générale.

Mais la pratique de tous les jours nous a appris qu'il existe dans la sensation lumineuse des variétés, auxquelles nous donnons le nom de couleurs. Nous savons, d'autre part, d'après les expériences de Newton, qu'un rayon lumineux procurant la sensation blanche, reçu sur un prisme de verre, se trouve à sa sortie décomposé en un certain nombre de rayons colorés qui sont plus ou moins réfractés et déviés de leur direction primitive. Le degré croissant de la déviation, ou ce qu'on appelle la réfrangibilité, est le suivant : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet ; c'est-à-dire que, si la partie la moins déviée par le prisme tombe sur la rétine,

la sensation lumineuse sera celle à laquelle nous attribuons le nom de rouge ; si c'est la partie la plus déviée, la sensation sera celle du violet, etc. Ces rayons ne peuvent plus être décomposés à leur tour, et sont appelés pour cette raison rayons simples.

Nous savons encore, par les travaux de Fresnel, Arago, etc., que la lumière doit être considérée comme consistant en un mouvement vibratoire, qui est communiqué par chaque molécule du corps lumineux à l'éther dans lequel elle est plongée ; ce mouvement rayonne dans l'espace, en ligne droite, à partir de chacun de ces centres moléculaires, dans toutes les directions. La propagation est caractérisée par une vibration de l'éther transversale, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction du rayon suivant lequel l'ébranlement se communique de proche en proche.

Pour fixer les idées, on peut se représenter assez bien l'espèce de mouvement correspondant à un rayon de couleur simple, dans le cas le moins compliqué, au moyen de la comparaison suivante :

Considérons une corde de longueur indéfinie, que nous tenons à la main par une de ses extrémités, et qui est tendue dans l'espace. Si nous imprimons un mouvement régulier de va-et-vient alternatif à l'extrémité tenue, perpendiculairement à la direction de la corde, nous voyons l'ébranlement se propager le long de celle-ci sous forme d'ondes régulières qui sont définies par trois éléments principaux : 1° la longueur d'onde, qui est la distance entre les sommets de deux ondes voisines, au même instant ; 2° le nombre de vibrations par seconde, qui peut s'estimer, soit par le nombre d'ondes qui passent en une seconde en un point de la corde, soit par le nombre de vibrations que ce point accomplit pendant une seconde, ce qui revient au même puisque

le passage d'une onde entière en chaque point correspond précisément à une vibration complète de ce point ; 3° l'amplitude de la vibration, qui est l'écartement entre les deux positions extrêmes que prend chaque point de la corde, perpendiculairement à la direction de celle-ci, de part et d'autre de sa position de repos.

Remarquons, d'ailleurs, que si la fréquence des impulsions données par la main augmente, les ondes se resserrent, et la longueur d'onde diminue ; et inversement.

Lorsqu'on substitue à la corde le rayon lumineux, ces considérations sont encore applicables ; le mouvement se transmet de proche en proche ; seulement, comme l'éther propage l'impulsion infiniment mieux que la corde, l'ondulation lumineuse peut se transmettre à des distances énormes sans modification appréciable dans ses éléments. Ceux-ci servent à définir chaque espèce de lumière simple.

La vitesse de propagation V de cette lumière simple dans un milieu déterminé est reliée à la longueur d'onde L et au nombre N de vibrations ou d'ondulations par seconde par la relation bien connue $V = N \times L$. Quant à l'intensité lumineuse, ou grandeur de l'effet produit, elle est proportionnelle au carré de l'amplitude.

La sensation de telle ou telle couleur dépend du nombre de vibrations par seconde ; on peut dire aussi, d'après la formule ci-dessus, qu'elle est définie par la longueur d'onde, à la condition que la vitesse conserve une valeur déterminée ; or, cela ne peut avoir lieu que pour un milieu donné, car la vitesse de la lumière varie suivant la nature des corps qu'elle traverse ; dans l'air, elle est de 300.000 kilomètres par seconde. Si donc on ne considère que la propagation de la lumière dans l'air, on pourra caractériser chaque lumière simple soit par son nombre de vibrations, soit par sa longueur d'onde,

celle-ci étant indiquée par le chiffre qui résulte des mesures obtenues dans ce milieu ; on y gagne de représenter plus facilement à l'esprit un caractère précis de telle ou telle couleur.

Mais on remarquera que chacune des couleurs simples étalées sur un spectre présente une certaine largeur ; pour définir d'une façon plus étroite une région particulière, il faut recourir à une désignation plus serrée, à laquelle on arrive au moyen des raies. Rappelons brièvement en quoi elles consistent.

Une fente étroite pratiquée dans un écran opaque est éclairée en arrière par une source lumineuse, et est placée au foyer d'une lentille convergente ; les rayons parallèles qui sortent de cette lentille sont reçus sur un prisme dont les arêtes sont parallèles à la fente, et subissent des déviations qui vont en croissant du rouge au violet. Une deuxième lentille convergente, sur laquelle tombent les faisceaux diversement colorés, les concentre, en donnant autant d'images de la fente qu'il y a de systèmes différents de rayons simples dans la lumière employée. Cet ensemble constitue un spectroscope. Si la suite continue de tous ces rayons existait, sans lacune, on verrait ainsi une suite continue d'images brillantes, produisant la sensation d'une longue bande ininterrompue allant du rouge au violet en passant par toutes les couleurs intermédiaires ; mais on constate, suivant la nature de la source lumineuse, que ces images ont des éclats différents, ce qui se traduit par des apparences de raies qui sillonnent le spectre et qui sont caractéristiques des corps existant dans la source. Ces raies sont brillantes si la fente reçoit directement les radiations de la source lumineuse elle-même ; elles sont obscures, au contraire, c'est-à-dire plus sombres que les parties voisines, lorsqu'elles correspondent à

des radiations qui ont traversé un milieu absorbant avant d'arriver à la fente. Ce phénomène est réglé par la loi suivante : une vapeur absorbe les radiations de même espèce que celles qu'elle émet, et substitue à la place des radiations absorbées les siennes propres avec une intensité qui dépend de sa température ; ainsi les radiations qui émanent des métaux incandescents entrant dans la composition du noyau solaire donneraient lieu à des raies brillantes si elles tombaient directement sur l'appareil ; mais, comme elles traversent auparavant les vapeurs de ces mêmes métaux répandues autour du soleil sur une épaisseur considérable, elles sont absorbées et remplacées par les radiations propres à ces vapeurs, qui sont moins lumineuses, étant à une température moins élevée, d'où résultent des raies sombres aux places correspondantes dans le spectre solaire.

Ces raies, qui sont très fines lorsque la fente est très étroite, servent à définir d'une façon très exacte les différentes parties du spectre ; les longueurs d'onde des radiations simples qui les produisent ont été mesurées par les procédés connus de l'optique.

En étudiant les propriétés du spectre, on s'est aperçu par différents effets que les radiations n'étaient pas limitées uniquement à la partie visible, mais s'étendaient encore fort loin, d'une part en deçà du rouge, d'autre part au delà du violet : on a donné à la première région le nom d'*infra-rouge*, et à la deuxième celui d'*ultra-violet*. Comme il sera souvent question de ces raies dans ce qui va suivre, et qu'elles sont destinées à prendre une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que l'on cherchera à approfondir davantage les phénomènes photographiques, je crois utile de reproduire ici les longueurs d'onde des principales raies du spectre *solaire*, d'après l'Annuaire du bureau des lon-

gitudes; elles sont exprimées en millionièmes de millimètre.

		Longueurs d'onde.	Couleurs.	Éléments correspondants.
Région infra-rouge.	Limite.	1 940		
	Raie.	1 445		
	Raie.	1 220		
Région visible.	Raie A	760,4	Rouge limite.	
	— B	686,7	Rouge.	
	— C	656,2	Orangé. . .	Hydrogène.
	— D double.	589,5 / 588,9	Jaune . . .	Sodium.
	— F	486,1	Vert bleu. .	Hydrogène.
	— G	430,7	Bleu	Fer.
	— H	396,7	Violet . . .	Calcium.
	— K	393,3	Violet limite.	Calcium.
Région ultra-violette	Raie L	381,9	. . . . . .	Fer.
	— M	372,9	. . . . . .	Fer.
	— N . . .	358	. . . . . .	Fer.
	— O	344	. . . . . .	Fer.
	— P.	336		
	— Q	328,6	. . . . . .	Fer.
	— R	317,9	. . . . . .	Fer.
	— S_2	309,9	. . . . . .	Fer.
	— T	302	. . . . . .	Fer.
	— U	294,8	. . . . . .	Fer.

Au point de vue photographique, la région infra-rouge est moins intéressante que la région ultra-violette, parce qu'elle exerce une action infiniment moins énergique.

M. Mascart (1) a déterminé par la photographie au collodion humide un grand nombre de raies du spectre solaire ultra-violet, et celles du cadmium jusqu'à la longueur d'onde 221.

M. Cornu a employé aussi le collodion (2) pour repérer des longueurs d'onde entre O et U, et d'autres (3) infé-

---

(1) *Recherches sur le spectre ultra-violet*, 1864; Ann. de l'École Normale, 1867.

(2) Annales de l'École Normale, 1874 et 1880.

(3) Communication faite à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève, le 5 juin 1879. (Archives des sciences physiques et nat., 15 juillet 1879.)

gitude
mètre

Régi
infra-ro

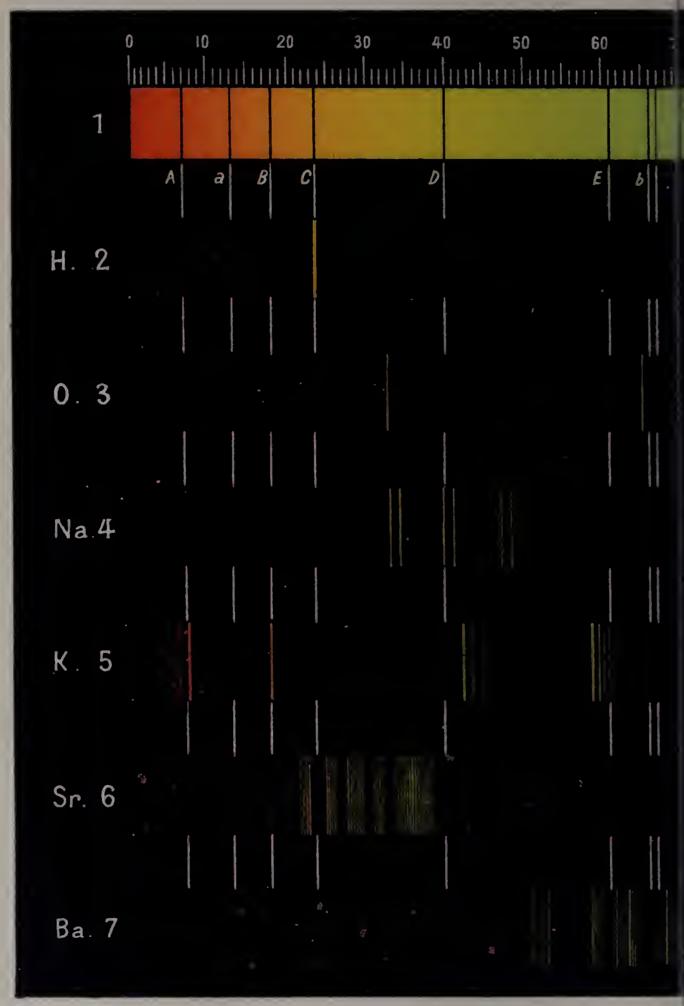
Régi
visibl

Régi
ultra
violet

Au
est mc
qu'ell
M.
collod
solairc
longue
M. C
des lo

(1) *Rec*
(2) Anı
(3) Cor
Genève,
1879.)

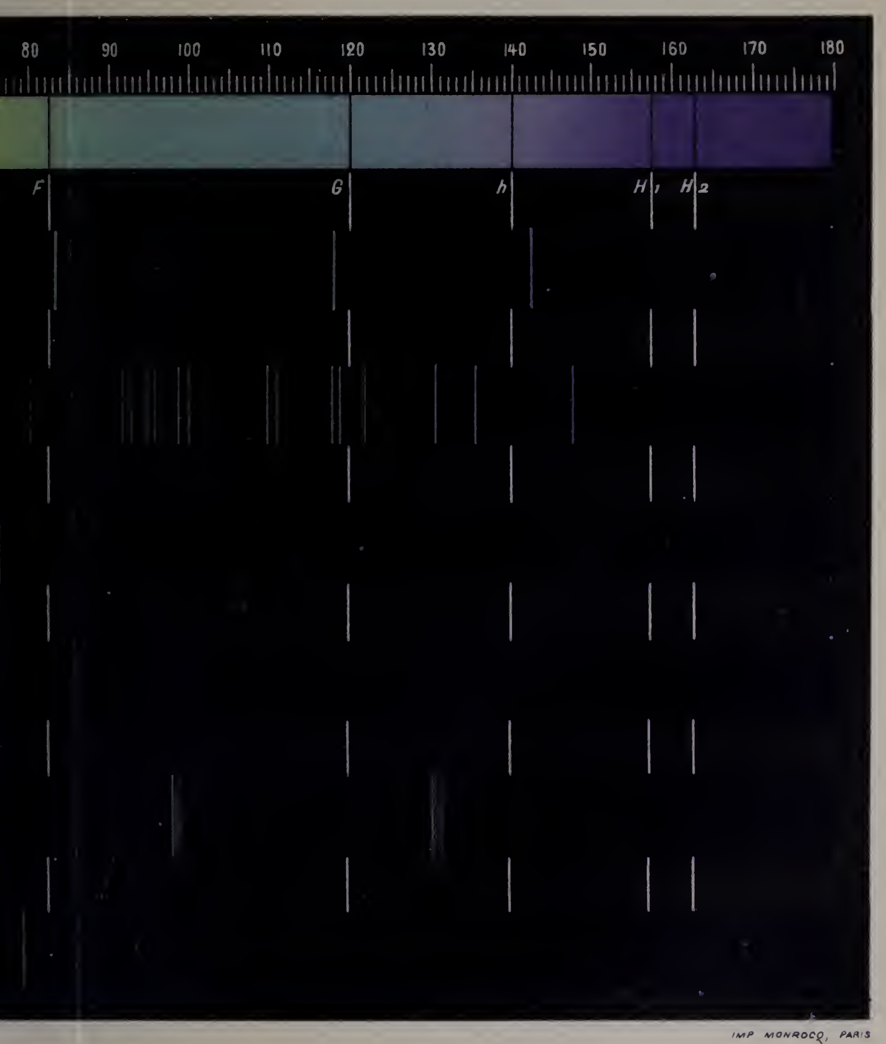
R. COLSON. — La plaque photographique.



SPECTRES DES PR

1
2 Spectre de l'I
3. ....d° .. l'O
4 d° du S

Georges CARRÉ & C. NAUD, Editeurs, à Paris



IMP. MONROCQ, PARIS

PAUX MÉTALLOIDES ET MÉTAUX

ctre du Soleil

ogène	5 Spectre du Potassium
ène	6. d° Strontium
m	7 d° Baryum

rieures à celles de la raie U. Dans ces dernières recherches, la source lumineuse était constituée par l'étincelle d'induction jaillissant entre deux électrodes métalliques, formées successivement de magnésium, de cadmium, de zinc, et d'aluminium. Les lentilles du spectroscope étaient formées de quartz et de spath fluor incolore de Suisse, ce dernier employé, pour la première fois, en raison de sa très grande transparence aux rayons ultra-violets et de sa propriété de donner par sa combinaison avec le quartz un achromatisme presque parfait. La dispersion était produite par un réseau fonctionnant par réflexion. Les raies étaient reçues sur une plaque au collodion humide. M. Cornu a ainsi photographié : le spectre du magnésium, de la longueur d'onde 309,6 à la raie quadruple, environ 280, qui est la plus intense que l'on puisse obtenir avec les métaux usuels ; celui du cadmium de 346,7 à 214,4 ; celui du zinc de 213,8 à 202,4 ; celui de l'aluminium de 202,4 (zinc) à 185,2. Il a constaté que, à partir de la raie 214,4, pour les longueurs d'onde plus petites, il est indispensable de laver avec de l'eau distillée la plaque sensibilisée, en raison de l'absorption considérable causée par la solution d'azotate d'argent, même en couche aussi mince.

MM. Lockyer, Huggins, etc., ont appliqué le gélatinobromure (1) à l'étude du spectre ultra-violet.

Enfin, M. Schumann (2), en employant le gélatinobromure et en recourant à des précautions spéciales, est parvenu à reculer la limite, successivement, de 185 à 182 en 1890, et à 170 et 100 en 1893 ; cette dernière

(1) Encyclopédie de Fabre.

(2) *Analyse des mémoires de M. Schumann*, par M. Vianna da Lima. Revue générale des sciences, 15 mai 1894.

longueur d'onde de 100 millionièmes de millimètre, qui forme actuellement la limite provisoire du spectre ultra-violet connu, caractérise une raie de l'hydrogène.

En arrivant dans cette région, M. Schumann a constaté qu'une absorption considérable avait lieu par l'air, les milieux optiques et la gélatine. Ainsi, à la pression de 760 millimètres, une couche d'air de 1 millimètre d'épaisseur suffit pour arrêter tous les rayons d'une longueur d'onde inférieure à 170 ; de là, nécessité absolue d'opérer dans le vide. Les organes optiques étaient en spath-fluor ; M. Schumann a employé aussi un réseau de Rowland.

Une couche de gélatine sèche de l'épaisseur de $0^{mm},00004$, c'est-à-dire 500 fois plus faible que celle des plaques très minces, absorbe déjà sensiblement la longueur d'onde 185. En plus de cet inconvénient, les plaques sont voilées par les rayons moins réfrangibles diffusés dans l'appareil. En cherchant à surmonter ces difficultés, M. Schumann a constaté que le bromure d'argent, pur, simplement précipité sur une glace, est très sensible aux longueurs d'onde inférieures à 185 ; la sensibilité diminue vers la région visible ; aussi, malgré des poses de plusieurs heures, le bromure pur donne-t-il alors des images intenses et sans voile.

Pour augmenter l'adhérence du bromure, un procédé consiste à étendre sur le verre une couche de gélatine aussi mince que possible, obtenue au moyen d'une solution chaude à 2 p. 100, et à laisser déposer le bromure d'argent. Celui-ci se forme lentement dans le mélange de deux dissolutions très diluées d'azotate d'argent et de bromure de potassium, la dernière étant en excès ; un précipité d'une extrême finesse se dépose au bout de plusieurs semaines. On active en ajoutant quelques

gouttes d'ammoniaque, on fait sécher, et on enlève les sels solubles en excès par un lavage.

L'iodure combiné au bromure d'argent augmente la sensibilité pour l'ultra-violet.

M. Schumann emploie comme révélateur l'acide pyrogallique avec carbonate de soude ; il dilue fortement, afin d'éviter toute trace de voile. Comme le bromure de potassium grossit le grain, surtout au début du développement, il est bon de n'en mettre que quelques gouttes d'une dissolution à 10 p. 100.

J'ai pensé que ces détails n'étaient pas inutiles, parce qu'ils montrent que les radiations ultra-violettes agissent sur la plaque photographique, même pour des longueurs d'onde de l'ordre de 100 millionièmes de millimètre, dernière limite mesurée, et aussi parce que les longueurs d'onde encore plus petites sont à l'ordre du jour depuis la découverte des rayons X, ainsi que nous le verrons au chapitre v.

En partant, maintenant, des nombres donnés par l'expérience directe pour les longueurs d'onde, on peut calculer, si l'on veut, les nombres de vibrations correspondants, au moyen de la formule $V = N \times L$, d'où l'on tire $N = \frac{V}{L}$, en remplaçant V et L par leurs valeurs numériques. On arrive ainsi, pour la partie visible, à des nombres variant de 400 à 700 trillions par seconde, en chiffres ronds, du rouge au violet.

ACTION DE LA LUMIÈRE

Le mécanisme de l'impression lumineuse sur le gélatino-bromure a été exposé dans le chapitre précédent, en raison de la liaison intime qui existe entre la formation de l'image latente et son développement. Examinons maintenant comment se modifie cette impression

suivant la *quantité* et la *qualité* de la lumière reçue ; la première question comprend l'influence de l'intensité et de la durée d'exposition ; la deuxième concerne l'effet des différentes radiations lumineuses, caractérisées par leurs longueurs d'onde.

Intensité et durée de pose. — La notion d'une limite inférieure d'intensité, au-dessous de laquelle le gélatino-bromure n'est pas impressionné, a été déjà présentée dans les considérations générales ; on y a aussi fait remarquer que l'exagération de la sensibilité peut s'obtenir par une maturation de l'émulsion poussée suffisamment loin, mais qu'elle a l'inconvénient de conduire à des préparations très instables, d'une conservation difficile, susceptibles de se décomposer sous l'influence de la moindre énergie accidentelle. Hâtons-nous d'ajouter que la limite d'impression des plaques extra-rapides en usage correspond déjà à une intensité lumineuse extrêmement faible, de laquelle on se rendra compte dans le chapitre de la *Photographie de l'invisible*.

Supposons que l'intensité soit légèrement supérieure à celle qui est nécessaire pour déterminer l'impression sur la plaque ; il y aura d'abord une première période de mise en train du travail moléculaire, comme pour tout autre effort faible s'exerçant sur la matière ; puis, la force impulsive restant constante et continue, l'impression s'accentue de plus en plus dans les instants successifs. Ces effets successifs s'ajoutent ; mais, comme ils sont allés progressivement en augmentant, l'impression définitive est plus faible que la somme des impressions successives qui se seraient produites si l'effet avait été aussi prononcé au commencement que plus tard. On comprend ainsi que, plus l'intensité de la lumière reçue par la plaque est faible et se rapproche de

la limite inférieure, plus la période de mise en train s'allonge.

L'expérience vérifie ces considérations. M. le capitaine Abney, M. Bouasse (1), etc., ont démontré, en effet, que, pour un même produit de l'intensité par la durée d'exposition, l'effet d'une lumière faible est moindre que celui d'une lumière plus forte, et la différence est d'autant plus apparente que la plaque est moins sensible.

Ils ont aussi mis en évidence que, pour une même durée d'éclairage réel, une lumière interrompue produit un effet total moindre que, la même lumière non interrompue, ce qui s'explique par la nécessité d'une nouvelle mise en train après chaque interruption.

Si la lumière devient plus intense, la période de mise en train se raccourcit ; et, pour une intensité normale, de la valeur de celles dont on se sert habituellement en photographie, l'impression devient pour ainsi dire instantanée. Dans ces conditions, les impressions successives, d'instant en instant, sont sensiblement les mêmes, l'impression totale est égale à leur somme, ou, autrement dit, l'effet photographique est proportionnel à la durée de pose.

Toutefois, ceci suppose que la lumière agit immédiatement sur la plaque avec toute sa force ; mais, dans la pratique, il faut tenir compte du mode de fonctionnement des organes qui règlent l'admission de la lumière à l'intérieur de l'appareil photographique. Ces organes, appelés obturateurs, appartiennent à deux catégories différentes : les obturateurs d'objectif, et les obturateurs de plaque.

Les obturateurs d'objectif, disposés à l'intérieur ou

(1) *Etude des actions photographiques*, par M. Bouasse, maître de conférences à la faculté des sciences de Toulouse. Analyse dans le Bulletin de la Société française de photographie du 1er août 1895.

près des lentilles de l'objectif, démasquent progressivement l'ouverture, et font ainsi passer l'intensité de la lumière qui tombe en un point de la plaque par trois phases : 1° ouverture progressive, depuis le moment où la lumière commence à pénétrer dans la chambre noire jusqu'au moment où l'obturateur est complètement ouvert; 2° pleine ouverture ; 3° fermeture progressive, depuis l'instant où l'ouverture commence à diminuer jusqu'à l'instant où la lumière cesse de passer. Voilà pour le fonctionnement mécanique; il y a, en outre, à faire intervenir la limite inférieure d'impression. En réalité, l'impression commence seulement quelque temps après l'ouverture de l'obturateur, lorsque l'intensité croissante de la lumière qui pénètre sur la plaque a atteint la limite ; et elle cesse, de même, avant que la fermeture soit complète. La différence entre la durée d'impression et la durée totale d'ouverture ne devient négligeable que lorsque la lumière arrive dès le commencement de l'ouverture sur la plaque avec une intensité au moins égale à la limite ; cela nécessite une source de forte intensité.

Les obturateurs de plaque sont formés d'un écran ou rideau percé d'une fente qui se déplace tout près de la plaque. Pendant le temps que la fente se trouve en face d'un point de la plaque, la lumière arrive en ce point avec toute son intensité ; il n'y a plus alors qu'une seule phase, qui correspond à la pleine ouverture. Ce procédé donne évidemment le maximum d'impression pour une durée de pose donnée, et permet de réduire à $\frac{1}{500}$ de seconde et même moins la durée de pose totale, ce qui est précieux pour les instantanés ; mais il présente des inconvénients de déformation qui proviennent du principe même de l'éclairage de la plaque par régions successives.

Enfin, avec une plus forte lumière, il arrive un moment où le noircissement produit par le révélateur passe par un maximum pour décroître ensuite si l'on augmente soit l'intensité, soit la durée de pose ; c'est ce qu'on appelle la *solarisation*.

Solarisation. — M. Janssen a constaté (1), à l'observatoire de Meudon, sur des photographies solaires, que l'action de la lumière peut produire sur la plaque au gélatino-bromure, soit par augmentation de l'intensité, soit par prolongation, la succession des effets suivants :

1° Une image négative ordinaire ;

2° Un premier état neutre, où la plaque devient uniformément foncée dans le révélateur ;

3° Une image positive ;

4° Un deuxième état neutre, opposé au premier en ce sens que la plaque devient uniformément claire dans le révélateur ;

5° Une nouvelle image négative, dont la production demande une intensité lumineuse considérable, environ un million de fois plus forte que la première ;

6° Un troisième état neutre, où la plaque devient uniformément foncée dans le révélateur.

On peut obtenir facilement les quatre premiers états ; mais les deux derniers exigent une très grande intensité lumineuse, de l'ordre de celle des rayons solaires directs.

Le troisième état, caractérisé par l'image positive, constitue ce qu'on appelle le *renversement*.

Le capitaine Abney a cherché (2) à approfondir cette

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie d'août 1880.

(2) *Ibid.*, septembre 1881, d'après le *Bulletin de l'Association belge de photographie*.

question du renversement sur le gélatino-bromure. En opérant sur des plaques imprégnées d'une dissolution concentrée d'azotite de potasse, il trouve que le renversement devient impossible, à moins que la durée du temps de pose soit telle que l'azotite soit entièrement oxydé. D'autre part, si une plaque a été exposée assez longtemps pour que l'image directe soit visible avant le développement, et si on l'immerge dans l'eau, on constate que la gélatine a perdu le pouvoir de se gonfler au même degré que lorsque la lumière n'a pas agi. La matière organique semble, d'ailleurs, indispensable. Les agents oxydants, comme le bichromate de potasse, augmentent la tendance au renversement ; les acides minéraux la diminuent. Le capitaine Abney conclut en attribuant le renversement de l'image à l'oxydation du sous-sel d'argent formé par l'impression lumineuse, et il suppose que cette oxydation se fait au détriment de la gélatine.

On voit que l'idée d'une modification subie par la matière organique s'est imposée ici ; et, comme l'observateur concluait à l'oxydation du composé d'argent, il pensait que la gélatine intervenait pour céder de l'oxygène. Or, il est bien certain que quelque chose s'oxyde, puisque les agents oxydants favorisent le renversement, et ce quelque chose ne peut être que le bromure d'argent ou la gélatine : il n'y a pas de preuve certaine que ce soit le bromure, tandis que nous savons (v. ch. 1er) que la gélatine a une grande tendance à s'oxyder, et que, lorsqu'elle s'oxyde, elle perd la faculté de se gonfler dans l'eau, phénomène précisément constaté par le capitaine Abney dans les expériences précédentes. Il semble donc plus probable que le renversement provient surtout de l'oxydation de la gélatine ; l'explication est alors toute simple, ainsi qu'on s'en convaincra plus loin.

Une autre hypothèse a été présentée, et M. Liesegang y insiste (1) en faisant remarquer que, dans les parties surexposées d'un cliché, le développement couvre la couche impressionnée d'une pellicule d'argent réduit qui s'oppose à la pénétration du révélateur ainsi que de l'hyposulfite ; il en conclut que le renversement est dû à cette protection des parties les plus éclairées et à une pénétration plus facile du bain dans toute l'épaisseur de la couche sous les parties moins éclairées.

Cette cause peut influer, surtout au commencement du développement, et il en a été question dans le chapitre précédent à propos des accélérateurs et des renverseurs. Mais elle ne suffit pas pour expliquer, à elle seule, la solarisation, car on ne voit pas bien comment la pellicule qui recouvre les parties surexposées se comporterait pour s'éclaircir de plus en plus jusqu'à donner le gris très clair qui caractérise ces parties dans le renversement complet.

Si l'on tient compte de l'oxydation de la gélatine, les états successifs observés par M. Janssen s'expliquent très simplement de la façon suivante ;

1° Pose ordinaire ; le développement donne un négatif normal ;

2° Pose plus longue ; les parties moins éclairées montent dans le révélateur, et rattrapent les parties plus éclairées, qui, étant saturées, ne peuvent aller plus loin ; d'où premier état neutre à teinte générale foncée ;

3° Pose plus longue ; les parties moins éclairées se saturent à leur tour, tandis que les parties plus éclairées prennent une teinte qui est la résultante de deux actions : *a*) commencement de réduction directe du bro-

(1) *Photogr. Archiv.*, 1er mai 1896.

mure, donnant une teinte d'un gris faible, et s'opposant à la pénétration du révélateur ; *b*) insensibilisation progressive par oxydation de la gélatine, affaiblissant de plus en plus l'effet du révélateur. La teinte résultante est donc de plus en plus claire, toujours inférieure à la teinte des parties moins éclairées ; c'est la période du renversement, et de l'image positive ;

4° Pose très prolongée ; les parties moins éclairées subissent à leur tour le même affaiblissement, et s'abaissent, à la longue, à la teinte réduite des parties plus éclairées ; c'est le deuxième état neutre, à teinte générale claire.

5° Pose extrêmement prolongée, et intensité considérable ; la gélatine a été oxydée et ne peut plus céder d'hydrogène pour l'opération du développement ; mais, il est probable que, grâce à l'énergie mise en œuvre, les sous-bromures sont décomposés ; ceux qui se trouvent dans les parties plus éclairées, étant plus mûrs pour la réduction, sont les premiers à donner une teinte plus foncée ; on a ainsi de nouveau un négatif.

6° Enfin, les parties plus éclairées se saturent et sont rattrapées par les parties moins éclairées ; c'est le troisième état neutre, à teinte générale foncée.

En résumé, la lumière prépare d'abord l'hydrogène de la gélatine à s'unir au brome du bromure ; puis cette combinaison s'effectue, en même temps que la gélatine s'oxyde ; enfin les sous-bromures sont décomposés. La succession des effets dont l'ensemble constitue la solarisation résulte alors, non pas, comme on le dit souvent, de ce que la lumière détruit elle-même son propre ouvrage, mais uniquement de ce que le travail produit par l'énergie lumineuse, s'accumulant de plus en plus, détermine des réactions successives différentes entre le bromure, la gélatine et le révélateur.

Il faut noter que le renversement peut être utilisé pour obtenir directement un positif au lieu d'un négatif. Ainsi, M. Lansiaux(1) produit un contre-type d'un cliché en brûlant 1 gramme de magnésium à une distance de 10 à 15 centimètres du châssis-presse qui contient le cliché et la plaque sensible ; il opère le développement avec un vieux bain d'hydroquinone.

Influence des radiations de différentes couleurs. — Les différentes radiations lumineuses sont loin de produire des effets identiques sur le gélatino-bromure. L'impression la plus énergique, dans le spectre solaire, a lieu vers la raie G, par conséquent pour une longueur d'onde voisine de 430. Elle va en diminuant très rapidement du côté du jaune, et cette couleur, qui détermine le maximum d'effet sur l'œil, n'agit presque plus sur la plaque. Du côté du violet un affaiblissement a lieu aussi, mais il est très lent, et l'ultra-violet agit encore d'une façon très prononcée ; on l'a constaté lors de la photographie du spectre solaire ultra-violet et des raies de plus petite longueur d'onde dues à l'incandescence de certains métaux. Aussi les sources lumineuses contenant une forte proportion de rayons rouges et jaunes, comme le pétrole, le gaz, etc., donnent-elles une impression faible, tandis que celles qui renferment surtout des radiations bleues, violettes, et ultra-violettes, comme l'arc et l'étincelle électriques, le magnésium en combustion, etc., agissent énergiquement. De même, dans un paysage, le ciel et l'horizon bleus causent un effet beaucoup plus fort que les verdures, ce qui reproduit une image de la nature différente de celle que l'œil est habitué à voir.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie du 1er mai 1895.

Orthochromatisme et isochromatisme. — La représentation des couleurs avec des opacités de teintes proportionnelles à l'effet qu'elles produisent sur l'œil est désignée sous le nom d'*orthochromatisme ;* tandis que l'expression d'*isochromatisme* caractérise plutôt une représentation avec des opacités égales pour toutes les couleurs. Mais, le plus souvent, on confond le sens de ces deux dénominations : sensibilité proportionnelle à celle de l'œil, pour les différentes couleurs.

Emploi de teintures. — Pour réaliser ce desideratum, il faut modifier le gélatino-bromure de façon à augmenter sa sensibilité au vert, au jaune, à l'orangé et au rouge. On y parvient au moyen de certaines teintures que l'on combine à la couche, soit dans l'émulsion même au moment de la fabrication, soit par imprégnation dans un bain où l'on plonge la plaque.

Parmi les substances les plus usitées, citons les suivantes.

La cyanine, ou bleu de quinoline, accroît dans une forte mesure la sensibilité pour l'orangé et le rouge, avec maximum entre les raies C et D ; cet effet est augmenté par l'ammoniaque, ce qui a lieu d'ailleurs aussi pour d'autres teintures, par exemple pour celle qui suit.

L'éosine (Dr Vogel), employée depuis une vingtaine d'années, sensibilise pour le vert jaune et le jaune ; le maximum se trouve entre les raies E et D ; et se rapproche d'autant plus de D que la couleur de la teinture est plus foncée.

L'érythrosine donne un maximum entre C et D.

Le bisulfite bleu d'alizarine (1) sensibilise pour le

(1) Dr Eberhard, Photograph. Correspondenz, août 1895.

rouge entre A et C, avec maximum entre B et C ; quelques gouttes d'azotate d'argent étendent la sensibilité dans l'infra-rouge.

La chlorophylle produit son effet dans le rouge, l'orangé et le vert ; on peut l'associer à l'éosine.

Il existe un grand nombre d'autres substances susceptibles d'être employées ; on en trouvera le détail dans les traités spéciaux.

En général, la sensibilité de la plaque pour le bleu, le violet et l'ultra-violet est diminuée par ces teintures, surtout si elles sont employées en solutions concentrées, ce qu'il faut éviter ; la durée de pose est ainsi rendue plus longue qu'avec les mêmes plaques qui n'ont pas subi ce traitement. D'un autre côté, l'orthochromatisme n'est pas complètement atteint, et il est presque toujours nécessaire, pour s'en rapprocher encore davantage, de munir l'objectif d'un écran en verre jaune, qui a pour but de diminuer la proportion des rayons bleus, violets et ultra-violets ; c'est encore une cause de ralentissement. Il ne faut pas trop s'exagérer cet inconvénient, puisqu'on trouve maintenant dans le commerce des plaques sensibilisées soit pour le rouge, soit pour le jaune et le vert, lesquelles admettent des poses d'une fraction de seconde avec écran jaune faible. La sensibilité générale de ces plaques n'est pas diminuée, ce qui permet de les employer pour des instantanés sans écran ; elles donnent des images dont les blancs sont encore mieux conservés et plus purs que dans les plaques ordinaires. Il y a donc tout intérêt à s'en servir. Mais il ne faut pas perdre de vue qu'elles n'acquièrent toute leur valeur, en ce qui concerne la reproduction des couleurs, que par l'usage d'un écran jaune de ton convenable, avec une pose suffisante. Elles rendent alors beaucoup mieux les teintes des verdures,

fleurs, montagnes neigeuses sur ciel bleu, horizons lointains, etc., et méritent un usage beaucoup plus répandu.

A quoi doit-on attribuer cette sensibilisation ? Puisqu'on observe que les teintures en question semblent former avec le gélatino-bromure de véritables combinaisons, il est naturel de penser que le nouvel arrangement moléculaire qui en résulte est tel que le mouvement vibratoire lumineux puisse y déterminer plus facilement le travail préliminaire cause de l'image latente. Lorsqu'une teinture sensibilise pour une lumière d'une certaine couleur, l'examen spectroscopique montre que les rayons de cette couleur sont, en effet, absorbés par le composé, ce qui se traduit dans le spectre par une bande obscure à la place que cette couleur doit occuper. Il y a donc travail absorbé par la teinture, et transformation en impression latente. Cette condition d'absorption est nécessaire, mais elle n'est pas suffisante, car beaucoup de substances qui ont la propriété d'absorber certaines radiations ne sont pas capables d'y rendre sensible le gélatino-bromure. Cela tient sans doute à ce que l'association des molécules de la teinture à celles du gélatino-bromure n'est pas assez intime pour que les vibrations imprimées aux premières par la lumière puissent entraîner les secondes, surtout si les premières ne subissent pas de décomposition chimique sous l'action de ces radiations. L'énergie absorbée, qui doit toujours se retrouver sous une forme quelconque, se manifeste alors probablement sous la forme calorifique.

Emploi d'un voile préalable. — Pour impressionner le gélatino-bromure, il faut une intensité lumineuse supérieure à une certaine valeur qui dépend de la couleur de

la radiation ainsi que de l'état de la couche sensible ; si celle-ci a déjà reçu une impression lumineuse faible, la limite s'abaisse et il suffit alors d'une intensité beaucoup plus faible qu'auparavant pour donner une image appréciable. Autrement dit, une plaque d'abord insensible à certaines couleurs y devient sensible après avoir reçu un voile préalable. On a donc ainsi un moyen de pousser vers l'isochromatisme les plaques ordinaires au gélatino-bromure, à la condition de faire disparaître ensuite le voile. On peut y arriver au moyen d'une application de papier imprégné d'encre ou de bichlorure de mercure, à sec, en utilisant la propriété que j'ai signalée dans le chapitre précédent ; il suffit (1) de donner un léger voile à la plaque avant la pose, par exemple en démasquant l'objectif devant une feuille de papier blanc, et de la soumettre au contact de l'encre pendant une nuit, ou du bichlorure pendant un quart d'heure, avant le développement. J'ai constaté que l'effet relatif des couleurs peu actives va en augmentant au fur et à mesure que le voile est de plus en plus accentué, au-dessous d'une certaine limite, bien entendu ; d'autre part, l'affaiblissement s'exerce inégalement et est plus prononcé sur les parties plus impressionnées ; ces deux causes contribuent à égaliser les effets produits par les différentes couleurs.

Influence du renversement. — On peut encore profiter de ce que les parties de la plaque éclairées par les rayons bleus et violets subissent le renversement lorsque la durée de pose est suffisamment longue ; elles s'affaiblissent alors tandis que les parties soumises aux radiations des autres couleurs continuent à devenir plus foncées.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie du 15 janvier 1896.

On comprend donc qu'il y ait un moment où la teinte correspondant au bleu, par exemple, devienne assez faible pour ne pas différer beaucoup de la teinte correspondant au vert ; mais il est clair aussi que l'on n'obtiendra ainsi qu'un effet insuffisant, sans tenir compte de l'inconvénient qui résulte de l'exagération de la durée de pose

PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

L'emploi des teintures permet d'obtenir, en particulier, des plaques qui soient sensibles seulement à telle ou telle couleur, d'où possibilité d'exécuter d'un même objet un certain nombre de clichés, provenant par exemple : l'un, de l'impression unique des rayons rouges émis par cet objet, un autre de l'impression des rayons jaunes, le troisième de l'impression des rayons bleus. En superposant ensuite les trois tirages, chacun d'une couleur convenable, donnés par les trois clichés, on arrive à une recombinaison qui restitue les colorations de l'objet avec une approximation suffisante pour produire industriellement de belles épreuves aux encres grasses. C'est la base du procédé inventé par Ducos du Hauron et Cros, perfectionné par MM. Vidal et Lumière. Il n'y a rien à ajouter ici, en ce qui concerne l'effet sur la plaque, à ce qui a été dit précédemment.

Dans la méthode interférentielle due à M. Lippmann, c'est le cliché lui-même qui prend un aspect coloré. Voici comment on peut en résumer la théorie.

Reprenons la comparaison des ondulations du rayon lumineux simple avec celles d'une corde, et supposons que celle-ci soit fixée à l'extrémité opposée à celle qui est secouée par la main; le mouvement ondulatoire revient sur lui-même, et chaque point de la corde se trouve soumis à deux efforts provenant, l'un du mouve-

ment direct, l'autre du mouvement réfléchi. Les deux effets, qui tendent tous deux à déplacer le point perpendiculairement à la direction de repos de la corde, s'ajoutent s'ils sont de même sens et se retranchent s'ils sont de sens contraires; autrement dit, il y a *interférence*. On voit alors se former sur la corde des points fixes, ou nœuds de vibration, entre lesquels se trouvent des fuseaux avec ventres au milieu. De la composition des deux mouvements résulte un système d'*ondes stationnaires*, dont les nœuds sont séparés entre eux par une demi-longueur d'onde ; les ventres sont aussi distants d'une demi-longueur d'onde, et l'intervalle entre un nœud et un ventre consécutifs est un quart de longueur d'onde.

Appliquons maintenant contre la couche sensible d'une plaque au gélatino-bromure une surface réfléchissante, et faisons tomber du côté du verre, perpendiculairement, un faisceau lumineux de longueur d'onde bien déterminée, correspondant par exemple au bleu. Chaque point de la couche sensible est soumis à une onde directe et à une onde réfléchie, il y a interférence comme plus haut, et le calcul indique qu'il doit se produire un système d'ondes stationnaires déterminant dans la plaque le régime suivant : plans nodaux, d'action nulle, dont le premier est la surface même de contact de la couche sensible avec le miroir réflecteur, et dont les autres, parallèles à celui-là, s'espacent à l'intérieur de la couche sensible à des distances successives d'une demi-longueur d'onde ; plans ventraux, d'action maxima, parallèles aux précédents, le premier étant à un quart de longueur d'onde de la surface de contact, les autres à des distances successives d'une demi-longueur d'onde à partir du premier.

Après une pose suffisante, procédons au développe-

ment et au fixage suivant le procédé habituel. Au lieu d'un dépôt d'argent confusément réparti dans toute l'épaisseur de la gélatine, la couche renferme alors une série de minces lames d'argent, parallèles, correspondant aux plans ventraux et représentant une sorte de stratification. Par exemple, pour la longueur d'onde 430 dans le bleu, la distance de deux de ces plans est de 215 millionièmes de millimètre, et le nombre des lamelles de 465 en admettant que la couche ait une épaisseur d'un dixième de millimètre.

Recevons sur le cliché terminé et séché, encore perpendiculairement, un faisceau de lumière blanche ; une partie est réfléchie par la première lamelle, une partie de ce qui traverse est réfléchie par la deuxième lamelle, et ainsi de suite, chaque lamelle réfléchissant un mélange de toutes les radiations colorées comprises dans la lumière blanche. Plaçons l'œil en un point de ce faisceau complexe réfléchi, et analysons ce qu'il perçoit. Comme rayons bleus, il reçoit à chaque instant un ensemble concordant, puisque les chemins parcourus par ces rayons réfléchis diffèrent tous entre eux d'un nombre entier d'allers et retours d'une lamelle à une autre, c'est-à-dire d'un nombre entier de leurs propres longueurs d'onde ; par conséquent, leurs effets sur l'œil s'ajoutent. Mais il n'en est plus de même pour les autres rayons ; pour chaque autre couleur, la longueur d'onde ne correspond plus à l'aller et retour d'une lamelle à une autre ; il en résulte que l'ensemble des rayons de chaque couleur autre que le bleu donne lieu sur l'œil à une somme d'effets discordants et à une impression nulle. On comprend ainsi pourquoi l'œil ne perçoit que l'impression de la couleur qui a servi à stratifier le cliché.

Ce qui vient d'être expliqué sur l'exemple du bleu

s'applique à une couleur quelconque, et aussi à une radiation complexe, chacune des couleurs simples qu'elle renferme agissant indépendamment des autres.

Il n'est pas indispensable que le faisceau qui impressionne la plaque tombe sur elle normalement ; il suffit que les directions des rayons incidents et réfléchis ne soient pas tellement différentes que l'interférence ne puisse avoir lieu. Cet angle doit être conservé pour la réflexion de la lumière blanche qui fait apparaître les couleurs sur le cliché terminé.

On comprend que le contact entre la couche sensible et la surface réfléchissante doit être intime ; M. Lippmann le réalise au moyen d'une lame de mercure contenue dans une cuvette dont la plaque sensible forme une paroi, le verre étant disposé en dehors.

La couche doit être transparente pour diminuer le moins possible l'intensité de la lumière à réfléchir.

Il est nécessaire, aussi, que le grain du gélatinobromure soit suffisamment fin pour ne pas gêner la formation plane des lamelles ; son diamètre a donc pour limite supérieure une demi-longueur d'onde de la radiation la plus courte employée, c'est-à-dire moins de 2 dix millièmes de millimètre si l'on pousse jusqu'au violet.

Enfin, la couche doit être sensible aux différentes couleurs, ce qu'on réalise au moyen des teintures.

Ces difficultés ont été surmontées avec le concours de MM. Lumière, et le procédé Lippmann permet aujourd'hui de reproduire en projection, par réflexion de lumière blanche sur le cliché, des objets inanimés, des paysages, et même des portraits, avec les couleurs naturelles fidèlement rendues.

PHOSPHORESCENCE ET FLUORESCENCE

Certaines substances, frappées par les rayons lumineux, possèdent la propriété de devenir elles-mêmes des sources de lumière ; les unes perdent leur éclat immédiatement dès qu'elles cessent d'être éclairées, elles sont *fluorescentes ;* les autres le gardent encore pendant un temps plus ou moins long après, elles sont *phosphorescentes.* A la première catégorie appartiennent, par exemple, les solutions d'écorce de marronnier d'Inde dans l'eau, du sulfate de quinine avec acide tartrique ou sulfurique, de la chlorophylle dans l'alcool, les sels d'uranium et le verre coloré en jaune par ce métal, etc. ; et à la seconde : les sulfures de calcium, de baryum, de strontium, de zinc, l'alumine, les platino-cyanures de potassium, de baryum, le diamant, le spath, le papier, le sucre, certaines gélatines, etc.

Chacun de ces corps absorbe certaines des radiations qu'il reçoit, et restitue l'énergie correspondante sous forme de vibrations lumineuses dont les longueurs d'onde sont, d'après la loi de Stokes, plus grandes que celles des rayons absorbés, ou au moins égales ; ou encore, si l'on préfère, le nombre des vibrations est diminué. Ce sont surtout les rayons bleus, violets et ultra-violets qui excitent la phosphorescence et la fluorescence ; ils se trouvent alors transformés en radiations moins réfrangibles.

La chaleur active l'intensité de la lumière restituée en rendant plus rapide la dépense de l'énergie emmagasinée.

Le frottement, le broyage, le clivage, la cristallisation et certaines actions chimiques peuvent encore produire la phosphorescence. Nous verrons qu'il en est de même aussi des rayons X.

En résumé, la fluorescence peut être considérée comme une phosphorescence qui s'éteint instantanément, et tous deux ne sont qu'un exemple particulier de transformation d'énergie dans lequel l'énergie absorbée est ensuite rayonnée dans l'espace sous la forme des vibrations transversales qui caractérisent la lumière. Si ces vibrations ont une longueur d'onde convenable et une intensité suffisante, la phosphorescence et la fluorescence donnent des effets visibles ; mais si l'intensité est trop faible, ou si la longueur d'onde est comprise dans l'infra-rouge ou dans l'ultra-violet, la sensation lumineuse n'a plus lieu. C'est alors que la plaque photographique vient à notre aide en nous révélant, là encore, des manifestations d'énergie que notre vue est impuissante à saisir.

La première application de la fluorescence à la photographie semble avoir été faite par M. Gladstone (1) en 1860. Il a photographié, en les éclairant par la partie ultra-violette du spectre, des lettres découpées dans du papier blanc après les avoir immergées dans un corps fluorescent et les avoir collées sur du papier coloré en bleu de cobalt ; sur la plaque, les lettres ont été reproduites en noir sur fond blanc, ce qui montre bien l'activité de la partie fluorescente.

M. Edmond Becquerel (2) s'est servi de la photographie pour étudier les effets chimiques de substances phosphorescentes dans son phosphoroscope. Il employait le collodion préparé avec l'iodure de potassium et l'azotate d'argent, et développait avec le sulfate de fer. Il a ainsi opéré sur le sulfure bleu de strontium, le sulfure bleu de calcium, l'azotate d'urane, et a trouvé que l'on obte-

(1) *The British Journal of Photography*, 2 juillet 1860.

(2) *La Lumière* (1867).

nait ainsi des effets chimiques analogues à ceux qui sont produits par la lumière solaire.

En 1857, Niepce de Saint-Victor a reproduit sur un papier sensible au chlorure d'argent un dessin tracé avec du phosphore sur une feuille de papier blanc ; il a, en outre, étudié les radiations sensibles émises par des corps insolés (v. ch. VI).

M. Warnercke (1) a exposé dans la chambre noire une plaque de verre enduite de sulfure de calcium, et l'a appliquée ensuite contre une glace sensible ; il a ainsi obtenu un cliché renversé. De plus, en chauffant la plaque phosphorescente, il a constaté qu'on augmentait ainsi l'intensité lumineuse et l'action chimique. Il a utilisé cette impression photographique par phosphorescence dans son photomètre.

Dans la même année (1880), M. Darwin (2) s'est servi de la phosphorescence pour obtenir plusieurs contretypes d'un même cliché. Pour cela, il expose au soleil la plaque phosphorescente pendant trois à quatre secondes, puis la soumet de nouveau au soleil sous un cliché et un verre rouge pendant une minute et demie. Si on porte alors cette plaque dans l'obscurité, on y voit une image négative ; en la laissant pendant trente secondes au contact du gélatino-bromure, on obtient encore un négatif au développement.

D'après M. Laoureux (3), une glace au gélatino-bromure, dont la couche a été laissée quelque temps en face d'une autre glace déjà impressionnée mais non dévelop-

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie de février 1880, d'après une communication faite à la Société photographique de la Grande-Bretagne.

(2) Encyclopédie de Fabre, d'après *Phot. News*, 1880.

(3) Bulletin de la Société française de photographie de février 1880, d'après une communication faite à la Section de Liège de l'Association belge de photographie.

pée, à la distance d'un demi-millimètre environ, a donné un négatif de valeur à peu près égale à l'autre. Cette expérience, répétée par plusieurs personnes, n'a pu réussir de nouveau (1); Eder attribue ce fait à ce que certaines gélatines sont phosphorescentes, et non les autres ; les premières, seules, peuvent impressionner une couche sensible.

Enfin, nous arrivons aux nombreuses expériences récentes dans lesquelles la phosphorescence et la fluorescence, excitées par la lumière ou par les rayons X, ont été appliquées à la photographie au travers des corps opaques ; on les trouvera en détail dans les chapitres VI et VII.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie d'août 1881.

CHAPITRE III

Actions calorifiques et mécaniques.

Actions calorifiques. — L'énergie calorifique, s'exerçant à sec, peut impressionner le gélatino-bromure en y déterminant le travail préliminaire que le révélateur complète en noircissant le cliché.

On cite comme exemples plusieurs cas où des images ont été obtenues, avec ou sans l'intermédiaire de l'objectif, d'objets métalliques portés à haute température, mais bien au-dessous du point où ils commenceraient à émettre des radiations lumineuses. Ainsi le capitaine Abney a signalé que, si l'on applique pendant quelques minutes un fer à repasser, porté à une température de 50 à 60 degrés, sur l'envers d'une plaque au gélatino-bromure, il se produit pendant le développement une tache noire dans la région correspondante de la couche sensible.

Les radiations calorifiques sont ici seules en jeu.

Lorsque la gélatine est humide, l'effet est tout opposé ; il suffit alors d'une température moins élevée pour amener sa fusion ; tous ceux qui ont cherché à sécher un cliché en l'approchant d'une source de chaleur savent, pour l'avoir appris à leurs dépens, avec quelle facilité la couche se liquéfie.

Voici quelques expériences (1) que j'ai effectuées pour déterminer nettement ce que produit la chaleur en présence de la vapeur d'eau.

Une plaque est emballée dans plusieurs épaisseurs de papier noir et placée près d'une source de chaleur, telle que lampe à pétrole, lampe électrique, etc., pendant une demi-heure ; en déballant ensuite dans le laboratoire, on constate que certaines parties de la surface sensible sont recouvertes de buée et restent claires dans un révélateur énergique qui voile les autres parties.

Dans le laboratoire, est appliqué sur une plaque sensible un carton dans lequel sont découpées des lettres ; le tout est exposé pendant cinq minutes à la vapeur d'eau vers 35 degrés ; en enlevant le carton, on voit que la gélatine montre les lettres en relief dans les endroits qui ont subi le moins l'influence de la vapeur, et en creux dans ceux qui étaient plus directement exposés à la vapeur et à la chaleur. Le voile du développement laisse ces lettres en clair, surtout celles qui présentent un creux.

Une plaque est traitée d'abord par la vapeur comme la précédente, puis est chauffée à 40 degrés pendant une minute ; les lettres de gélatine humide subissent un commencement de fusion, forment un creux prononcé en séchant, et restent encore plus claires dans le révélateur.

Sur une plaque sont placées trois pièces d'argent, soigneusement nettoyées afin de supprimer toute action chimique ; puis le tout est emballé dans le papier noir et maintenu pendant deux heures sur le marbre d'un calorifère vers 40°, avec un poids d'un kilogramme sur une seule des pièces. Au développement, cette pièce

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 9 mars 1896.

vient en clair, avec une bordure noire causée par la pression ; les deux autres pièces ne donnent rien.

Ainsi, en résumé, sur les parties de la plaque rendues humides par la vapeur d'eau que la chaleur dégage de l'enveloppe ou de la gélatine, et qui est emprisonnée sur la surface par un corps en contact, la chaleur fait subir à la gélatine un commencement de fusion qui laisse ces parties en clair dans le révélateur ; cet effet est accentué par l'élévation de température ; il se complique peut-être d'un effet chimique d'oxydation de la gélatine, qui favorise l'insensibilisation.

Cette influence mérite une attention particulière, car elle tend à se manifester lorsqu'on emploie les rayons solaires directs ou les sources lumineuses à combustion, c'est-à-dire dans un grand nombre de cas. Elle intervient dans certaines expériences de photographie au travers des corps opaques (v. ch. VII).

Actions mécaniques. — L'effet produit par un choc, par un frottement, par une pression d'un corps sans action chimique sur le gélatino-bromure, comme le verre, le bois, les ongles, etc., se traduit toujours par un noircissement dans le bain révélateur. Il y a donc aussi, avec la forme mécanique, une image latente, que le développement fait apparaître.

C'est ainsi que la pression des plaques les unes sur les autres suffit pour déterminer une impression qui donne du gris dans le révélateur sur les régions qui se sont trouvées en contact.

Il n'y a pas lieu d'insister sur ces actions, qui sont bien nettes, et qu'il est extrêmement facile de reproduire, toujours avec le même résultat.

CHAPITRE IV

Actions électriques.

En l'absence de résultats précis, j'ai cherché s'il serait possible de produire sur le gélatino-bromure un effet purement électrique, en mettant la couche sensible à l'abri de toute autre action ; je l'ai soumise à des champs électriques variables dans différentes conditions pendant des durées assez longues, et je n'ai jamais pu obtenir la moindre impression, tant qu'il n'y avait pas influence d'une des formes de l'énergie traitées dans les chapitres précédents.

Je me suis ensuite demandé si les variations de la charge, ou le passage de la décharge ou du courant dans la couche sensible même ne déterminerait pas une impression. Comme la gélatine et le bromure d'argent sont tous deux des corps mauvais conducteurs de l'électricité, il faut préalablement humecter la gélatine, et le plus simple est d'employer l'eau pure.

Une bande de papier au gélatino-bromure, partiellement impressionnée par la lumière, était mouillée et suspendue à une baguette de charbon reliée à l'un des pôles d'une forte bobine Rumhkorff ; les variations du flux qui se répandait dans la couche n'eurent aucun effet, pour aucun des deux pôles.

Les deux extrémités de la bande de papier, toujours humide, étaient ensuite mises en communication en même temps avec les deux pôles de la bobine : la décharge produisit seulement un effet calorifique, sous forme d'abord d'évaporation de l'eau, puis de combustion de la matière organique.

Le courant d'une pile, même d'un grand nombre d'éléments, ne produit aucun effet particulier, à moins de recourir à un liquide moins résistant, et l'on arrive alors à des effets chimiques d'électrolyse, localisés d'ailleurs près des baguettes de charbon qui amènent le courant dans la couche sensible.

Par conséquent, en attendant qu'une impression soit constatée de la part de l'énergie électrique agissant directement, il ne reste à considérer ici que les manifestations provenant de la transformation de cette énergie dans les formes précédentes.

Forme chimique. — La décharge électrique dans l'air transforme une partie de l'oxygène en ozone ; celui-ci, en oxydant la gélatine et peut-être aussi le bromure d'argent, insensibilise la couche si elle n'a pas encore reçu d'impression, ou détruit l'image latente si celle-ci existe déjà. Pour que ces effets se produisent, il est nécessaire que la gélatine soit dans des conditions convenables pour absorber l'ozone, c'est-à-dire à l'état humide.

Mais l'action chimique la plus importante que puisse produire l'électricité sur le gélatino-bromure consiste dans l'électrolyse.

Électrolyse. — Prenons une couche au gélatino-bromure sur papier, verre, ou autre support, qui sera toujours mauvais conducteur de l'électricité s'il est trans-

parent, et plongeons-la dans de l'eau contenant en dissolution une substance qui la rende conductrice tout en donnant des produits de décomposition convenables. Retirons du liquide, et mettons deux régions de la couche en contact avec deux charbons de cornue, ou électrodes, reliés respectivement aux deux pôles d'une pile de quelques éléments. Par le passage du courant, l'eau est décomposée en hydrogène à l'électrode négative, et en oxygène à l'électrode positive ; la substance en dissolution se décompose aussi en ses éléments, qui se séparent de tel ou tel côté suivant leur nature. Par suite, au voisinage de l'électrode négative, l'effet chimique résultera des combinaisons qui peuvent se former entre le gélatino-bromure, l'eau, l'hydrogène naissant, la substance en dissolution, et ses éléments électropositifs ; près de l'électrode positive, les matériaux qui se trouvent en présence sont le gélatino-bromure, l'eau, l'oxygène naissant, la substance en dissolution, et ses éléments électro-négatifs.

On voit que ces combinaisons seront, en général, assez complexes, et, surtout, que les deux régions positive et négative de la couche sensible seront soumises à des actions fort différentes qui entraîneront aussi des résultats très différents sur le gélatino-bromure, que celui-ci ait ou non reçu une impression préalable.

Dans le cas le plus simple, celui où la substance en dissolution et ses éléments de décomposition seraient inactifs par rapport au gélatino-bromure, l'hydrogène qui se porte à l'électrode négative aurait peut-être une influence réductrice si les molécules de ce gaz se trouvaient, à l'état naissant, en contact avec les molécules de la couche sensible ; alors, cette réduction pourrait déterminer ou aider le développement ; tandis que, près de l'électrode positive, l'oxygène qui se dégage aurait

une tendance absolument opposée, consistant dans l'oxydation de la matière organique et du bromure d'argent, d'où résistance à la réduction.

Ce dispositif ne serait donc d'aucun intérêt pratique, et nous montre le seul emploi que puisse recevoir l'électrolyse appliquée au développement : il consiste à séparer les deux actions et à disposer la plaque sensible dans le liquide de façon qu'elle ne soit soumise qu'à l'influence d'une seule des électrodes.

S'il était possible de trouver, comme support, un corps qui fût en même temps bon conducteur de l'électricité, pour servir lui-même d'électrode, et transparent, pour permettre ensuite le tirage du cliché, on aurait, en prenant ce support comme électrode négative, une formation d'hydrogène naissant à l'intérieur de la couche sensible ; et encore y aurait-il à craindre d'abord un décollement par la formation des bulles gazeuses entre la gélatine et le support, puis une réduction ne ménageant pas suffisamment les nuances de l'image.

Tout bien considéré, il ne reste donc qu'un moyen d'utiliser l'électrolyse pour le développement ; il consiste à disposer la plaque dans le voisinage d'une des électrodes dans un bain combiné de façon à former, par décomposition autour de cette électrode, une dissolution susceptible de jouer le rôle de révélateur. C'est le seul procédé : mais il faut reconnaître aussi que c'est toute une voie nouvelle qui s'ouvre au photographe ; les combinaisons ainsi réalisables sont en nombre illimité et jouissent d'une souplesse très précieuse en raison de la facilité avec laquelle il est alors possible d'activer ou de modérer, instantanément, l'énergie de la solution par la simple manœuvre d'une résistance variable qui modifie à volonté l'intensité du courant.

Supposons donc un récipient partagé en deux com-

partiments par une cloison verticale poreuse qui laisse passer le courant tout en s'opposant à une diffusion trop rapide des liquides d'un compartiment à l'autre. Dans chacun plonge une des deux électrodes et se trouve la dissolution à électrolyser. Pour fixer les idées, prenons du sulfate de soude, lequel n'exerce aucune action sur la plaque, et plaçons celle-ci dans le compartiment négatif.

Faisons passer le courant. Le sodium se porte, en même temps que l'hydrogène de l'eau, sur l'électrode négative, y décompose l'eau en se transformant en soude qui se dissout. Nous avons donc là l'alcali nécessaire au développement, et nous le formons en proportion variable à volonté. Dans l'autre compartiment, il y a dégagement d'oxygène et d'acide sulfurique. Mais l'alcali ne constitue pas, à lui seul, un révélateur ; il faut un réducteur, par exemple l'acide pyrogallique, qui sera mis dès le commencement dans le compartiment négatif. La proportion de l'alcali, d'abord nulle, ira graduellement en augmentant, ce qui permettra de ne pas employer de sulfite, et sera réglée à chaque instant par la variation du courant.

Ce qui précède a pour but de faire comprendre le parti que l'on pourrait tirer de l'application de l'électrolyse au développement ; mais ce n'est qu'une petite portion du problème ; il y aurait, surtout, à chercher s'il n'est pas possible d'obtenir, au moyen de ces combinaisons secondaires, une dissolution très oxydable capable de s'oxyder au détriment de l'eau en pénétrant dans la couche sensible. Peut-être trouverait-on ainsi des révélateurs encore plus actifs que ceux dont on se sert aujourd'hui ; ce sujet mériterait d'être travaillé.

Forme lumineuse. — On sait que la coloration de l'étin-

elle varie suivant la nature des corps entre lesquels elle jaillit ; en général, elle est très riche en radiations de faible longueur d'onde, appartenant au violet et à l'ultra-violet. Nous connaissons l'influence considérable qu'elles exercent sur la plaque photographique.

Il existe une autre forme de la décharge : c'est l'effluve, par laquelle l'électricité se répand dans l'air à partir des conducteurs chargés lorsque la résistance interposée entre ceux-ci est trop grande pour que l'étincelle éclate. Cette effluve se manifeste par une lueur violacée qui impressionne vivement le gélatino-bromure.

Comme exemples d'applications photographiques de la lumière de l'étincelle et de l'effluve, on peut citer la reproduction de l'éclair, celle de l'étincelle par M. Ducrétet, et les expériences suivantes :

M. le docteur Boudet de Pâris (1) fait jaillir une étincelle entre deux pièces de monnaie placées sur une plaque au gélatino-bromure, et trouve, au développement, une image de la décharge et de l'effigie des pièces.

Il prend ensuite une seule pièce, la fait communiquer avec un des pôles d'une petite machine de Voss, et promène autour un fil en relation avec l'autre pôle ; les étincelles jaillissent et donnent une effigie encore plus nette. Les parties saillantes de celle-ci sont reproduites en noir. L'effluve donne des résultats encore plus marqués.

Il pose la plaque photographique sur une feuille de métal, la couche sensible en-dessus, et sur la gélatine il applique un cachet métallique ; en chargeant à saturation avec une machine de Voss, la feuille de métal et le cachet, et faisant éclater la décharge entre les pôles de la machine, il obtient encore une image très nette.

---

(1) *La Nature*, 31 juillet 1886.

M. Tommasi (1) met une plaque au gélatino-bromure entre deux brosses métalliques disposées parallèlement et reliées aux deux pôles d'une machine de Holtz, le plan de la surface sensible contenant les bords de ces brosses et en étant très voisin dans les deux sens. La plaque est impressionnée en quelques minutes de fonctionnement de la machine.

Plus récemment, MM. Robinet et Perret (2) placent une plaque au gélatino-bromure sous un cliché, gélatine contre gélatine, dans une boîte en carton ; celle-ci est posée sur une lame de métal et est recouverte d'une autre lame également métallique. Toutes deux sont reliées respectivement aux bornes d'une bobine qui donne une étincelle de 7 à 10 centimètres. Après quinze minutes de pose, on développe, et on obtient une reproduction très détaillée. Les auteurs attribuent cet effet à une action directe des ondes électriques ; mais on ne voit pas bien comment se produirait cet effet, ni, en admettant son existence, comment les ondes qui partent de l'électrode inférieure, la plus rapprochée, sur laquelle repose la plaque sensible, ne voilent pas celle-ci. Il est probable qu'il y a effluve avec une bobine aussi forte et que, d'après la disposition de l'expérience, la plaque supérieure est la plus active ; cette effluve peut éclairer l'intérieur de la boîte, d'où reproduction du cliché sur la plaque sensible.

Forme calorifique. — Si l'on fait jaillir l'étincelle à une très petite distance de la plaque, la chaleur dégagée est suffisante pour fondre la gélatine ; on constate alors que le développement laisse cette partie en clair. Ce phéno-

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 22 mars 1886.

(2) *La Nature*, 9 mai 1896.

mène est identique à celui qui a été exposé à propos de l'action de la chaleur en général, et s'explique de la même façon.

Forme mécanique. — Lorsque la plaque est disposée entre deux conducteurs chargés d'électricité à assez haute tension, une décharge se produit au travers du verre, et il est possible que le choc mécanique détermine par lui-même une impression qui serait rendue visible par le révélateur ; mais il est impossible de séparer ici l'effet mécanique de l'effet lumineux, lequel masque le premier.

CHAPITRE V

Rayons X du professeur Röntgen.

Tout le monde connaît aujourd'hui ces mystérieux rayons qui ont la propriété de traverser certains corps opaques et d'impressionner une plaque photographique placée au delà ; tout le monde sait aussi que la découverte en est due à un physicien allemand, le professeur Röntgen, de Wurtzbourg.

Cette remarquable propriété suffisait, en elle-même, pour attirer l'attention, mais la forme particulièrement sensationnelle d'une des expériences du professeur Röntgen n'a pas peu contribué à exciter l'enthousiasme général ; elle consiste à photographier le squelette d'un sujet vivant, par suite de la plus forte absorption des rayons par les os que par les chairs. Il en est résulté immédiatement une application médicale dont l'importance est considérable, et qui n'est qu'un premier pas dans cette voie toute nouvelle.

Aussi, dès que la découverte a été divulguée, tous ceux qui pouvaient disposer du matériel nécessaire se sont-ils empressés de répéter ces expériences. En France, les premiers ont été M. Seguy, préparateur du cours de physique de M. Le Roux à l'École supérieure de pharmacie, et MM. les docteurs Oudin et Barthélemy, dont

les épreuves ont été communiquées par M. Poincaré à l'Académie des sciences dans la séance du 20 janvier 1896. Puis, tous les laboratoires s'en sont occupés, et les observations faites dans ces quelques mois forment déjà un dossier respectable qui, s'il n'apporte pas encore une solution définitive sur la véritable nature de ces rayons, accuse tout au moins d'importants progrès au point de vue du mode opératoire et des applications.

Rayons cathodiques. — Le courant produit par quelques éléments de pile ou accumulateurs, associés en tension, est lancé dans le fil inducteur d'une bobine Ruhmkorff, et circule autour du noyau de fer doux, qu'il aimante ; ce courant est interrompu par le jeu du trembleur, et les variations du champ électrique et du champ magnétique déterminent dans le fil induit une force électromotrice suffisante pour faire jaillir entre ses extrémités une étincelle de plusieurs centimètres. Comme la force électromotrice induite par les interruptions du courant inducteur est très supérieure à celle qui correspond aux rétablissements de ce courant, la décharge au travers de l'air est surtout due à la première de ces forces électromotrices, de sorte que la bobine fonctionne comme une source d'électricité donnant des décharges discontinues, mais de sens constant.

On peut, d'ailleurs, employer d'autres sources d'électricité à haute tension, comme les transformateurs Tesla, et même la machine ordinaire d'électricité statique.

Si on relie les deux bornes de la bobine aux deux électrodes d'un tube de Geissler, dans lequel on a fait un vide partiel, l'étincelle se change en une nappe lumineuse. En poussant le vide beaucoup plus loin, de façon à réduire la pression à quelques cent millièmes ou millioniėmes d'atmosphère, on obtient les tubes dits de

Crookes ; l'aspect devient encore différent : il y a alors comme une projection de quelque chose d'invisible, qui part de la cathode, ou électrode du tube reliée au pôle négatif de la bobine, et qui détermine sur son passage des effets de déplacement, de phosphorescence et de fluorescence. Ce sont les *rayons cathodiques*.

La production de ces rayons cathodiques et les phénomènes par lesquels ils se manifestent ont été d'abord étudiés (1) par le physicien allemand Hittorf et par le physicien anglais Crookes; ce dernier est connu, en particulier, par sa théorie du bombardement moléculaire, et par l'étude des propriétés mécaniques, calorifiques et lumineuses du faisceau cathodique. Il faut citer aussi le professeur Goldstein qui, avant 1880, en a constaté les effets sur les substances fluorescentes, sur le papier photographique, le bichromate de potasse, le chlorure d'argent et l'oxalate de fer, ainsi que sur les corps solides; il a trouvé, notamment, que ces rayons se transforment lorsqu'ils rencontrent une substance solide; et nous allons voir que le résultat de cette transformation constitue précisément les rayons nouveaux du professeur Röntgen.

Le physicien allemand Hertz reconnut que les corps solides ne sont pas absolument opaques pour les rayons cathodiques, et laissent passer ceux-ci en proportion variable.

En 1893-94, le physicien Lénard, ayant constaté que l'aluminium est facilement traversé, eut l'idée de substituer à une petite portion de la paroi de verre du tube une feuille de ce métal. Il put ainsi faire sortir du tube dans l'air les rayons cathodiques et les étudier hors du milieu de leur production. En les recevant sur des

(1) Voir *les Rayons X*, par M. Guillaume (Gauthier-Villars).

substances phosphorescentes et fluorescentes, il vit qu'ils sont diffusés par les gaz proportionnellement à la densité, traversent les corps solides et sont déviés par l'aimant. Il montra, en outre, qu'ils impressionnent une plaque photographique enfermée dans une boîte métallique.

Rayons X. — A la fin de 1895, en faisant passer une forte décharge dans un tube de Crookes, Röntgen remarqua par hasard l'illumination d'une substance phosphorescente derrière un écran qui la séparait du tube. Il entreprit d'approfondir ce phénomène ; au moyen du platinocyanure de baryum et de la plaque photographique au gélatino-bromure, il trouva que ces rayons, tout en traversant plus ou moins facilement les corps opaques, n'avaient pas certains caractères des rayons cathodiques observés par Lénard ; par exemple, ils ne sont pas sensiblement absorbés par l'air, et ne sont pas déviés par l'aimant. Il s'aperçut, en outre, que les nouveaux rayons partent, non pas de la cathode, mais des régions du verre qui sont frappées et illuminées par les rayons cathodiques. Comme le mode de formation et la nature des rayons découverts par Röntgen sont encore ignorés, on est convenu en Allemagne de les désigner sous la lettre X, symbole mathématique de l'inconnu, en attendant l'éclaircissement de la question.

Des expériences détaillées, exécutées par Röntgen, il résulte que : l'absorption est faible pour le papier, le carton et le bois, même sous des épaisseurs de plusieurs centimètres, et pour l'aluminium, jusque vers 15 millimètres, plus forte pour les autres métaux dans l'ordre des densités croissantes. Les liquides sont facilement traversés. Les gaz n'offrent pas de différences sensibles et absorbent peu. De plus, Röntgen n'a pu obtenir aucun

phénomène de réflexion, de réfraction, de diffraction, et de polarisation.

Depuis, cette étude a été reprise par un grand nombre d'expérimentateurs, et les différentes observations ne sont pas entièrement d'accord, ce qui peut être attribué soit aux conditions d'expériences que l'on devrait toujours détailler d'une façon bien nette, soit à la sensibilite plus ou moins grande des moyens de mesure. Il faut tenir compte aussi de ce fait que le faisceau des rayons X est loin d'être homogène, si petite que soit la source. Il semble toutefois, et je l'ai constaté moi-même sur plusieurs clichés, qu'il existe une réflexion diffuse, produisant un renforcement dans le voisinage immédiat de parois de métaux ou de verre.

Mode opératoire. — Pour soustraire la plaque aussi bien à la lumière ambiante qu'à la lueur fluorescente du verre, ce qui permet alors d'opérer en plein jour, on peut se contenter de la placer dans son châssis, comme pour la photographie ordinaire et l'exposer ainsi aux rayons X. Mais il est essentiel de remarquer qu'il s'agit ici d'ombres portées sur la plaque par les corps interposés entre celle-ci et le tube ; on obtiendra donc des silhouettes d'autant plus nettes que la distance entre l'objet et la plaque sera plus petite. Aussi, est-il préférable d'emballer la plaque dans plusieurs épaisseurs de papier noir en ayant soin de retourner deux fois les bords afin d'empêcher tout accès de la lumière à l'intérieur. En appliquant le corps sur le papier, on réduit la distance au minimum et on obtient le maximum de netteté ; de plus, l'absorption est moindre ainsi qu'avec le bois et la toile du châssis, et la différence est notable, ainsi que je l'ai constaté. Il faut au moins trois épaisseurs du papier noir dont les photographes se servent

sous le nom de papier aiguille ; il me semble préférable d'en prendre quatre, ce qui donne une sécurité complète sans augmenter l'absorption d'une façon appréciable. Une plaque ainsi emballée ne craint rien d'une lumière très vive, lampe électrique ou lumière solaire, tout au moins pendant le temps d'une exposition aux rayons X.

Tubes. — Un autre élément important intervient au point de vue de la netteté : l'étendue de la région du verre d'où partent les rayons X ; plus cette surface sera petite, plus l'ombre sera nette, pour une même distance. Il faut distinguer deux cas.

Si l'objet peut être placé très près du papier, la pénombre qui sera produite par les grandes dimensions de la source sera relativement faible et ne nuira pas beaucoup à la netteté. On peut alors laisser travailler sur la plaque toute la partie active du tube ; on y gagnera de mieux répartir l'effet sur la surface sensible et de diminuer la durée de pose. Cette grande dimension est réalisée en général par la paroi du tube, de forme arrondie, qui est opposée à la cathode.

Mais, le plus souvent, l'objet présente un certain volume, et toutes ses parties ne peuvent pas être rapprochées de la plaque ; il devient alors indispensable, si l'on veut obtenir quelque netteté, de réduire les dimensions de la source X pour diminuer la largeur de la pénombre. On arrive à ce résultat de différentes manières.

Une première solution consiste à disposer entre le tube et l'objet, près du tube, un diaphragme formé d'une lame de métal, en plomb par exemple, dans laquelle est pratiquée une ouverture circulaire, ayant au plus un centimètre de diamètre. L'angle du faisceau

qui tombe sur le corps est ainsi diminué. Mais il faut remarquer que l'on perd ainsi une forte proportion de rayons qui sont arrêtés et rendus inutiles par la lame.

Pour y remédier, on peut concentrer les rayons cathodiques sur une petite surface du verre, soit en les déviant au moyen d'aimants, soit en donnant à la cathode la forme d'un miroir concave ; dans ce dernier cas, les rayons, sortant de la cathode à peu près perpendiculairement à sa surface, sont ainsi rendus convergents et viennent se rassembler sur une région réduite de la paroi de verre. Mais il en résulte plusieurs inconvénients, dont le plus grave est une détérioration du verre qui est causée par ce foyer calorifique, et qui amène rapidement par fusion la fin du tube. Il est vrai qu'on peut diminuer beaucoup cet échauffement en plongeant la partie frappée dans une capsule en celluloïd remplie d'eau, comme le fait M. d'Arsonval (1) ; cet ensemble est transparent pour les rayons X.

M. Colardeau (2) donne au tube la forme et la dimension d'une cigarette, et dispose la cathode près de l'extrémité du tube ; la source des rayons X est alors très peu étendue, et les images sont très nettes.

Dans un nouveau dispositif (3) construit en Angleterre par M. Jackson (King's College), et mis dans le commerce par la maison Newton, la cathode a la forme d'un miroir sphérique concave et concentre les rayons cathodiques sur une lame de platine inclinée à 40° environ sur l'axe ; les rayons X se forment sur le platine et émanent de ce foyer latéralement par rapport au tube. Il est facile de constater que la transformation s'effectue

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 9 mars 1896.

(2) *Société française de Physique*, 17 avril 1896.

(3) *The Optician*, 12 mars 1896. *British Journal*, 3 avril 1896.

réellement dans la lame de platine en étudiant la direction des ombres portées par les objets dans les photographies exécutées avec ce tube, appelé tube « focus » pour mettre en évidence l'existence de ce « foyer ». J'ai vérifié aussi ce fait en reproduisant cet appareil par la photographie sans objectif, seul procédé qu'il soit possible d'employer avec les rayons X puisqu'ils ne sont pas susceptibles d'être rendus convergents par la réfraction ; pour cela, entre le tube et la plaque, celle-ci étant toujours emballée dans du papier noir, j'ai disposé une lame de métal percée d'une très petite ouverture, de trois quarts de millimètre ; le cliché donne l'image de la lame de platine et montre que quelques points de celle-ci présentent une activité particulièrement intense ; on y voit aussi que la paroi de verre envoie également des rayons efficaces, mais beaucoup plus faibles. La lame de platine peut donc être considérée comme constituant ici la source principale des rayons X ; en raison de ses petites dimensions, elle produit des silhouettes nettes ; de plus, comme il n'y a plus à ménager autant la substance dans laquelle s'effectue la transformation, on y gagne la possibilité d'employer des décharges plus fortes qu'avec le verre. Toutefois, il semble que, si l'on dépasse le point où le platine commence à rougir, l'énergie des rayons X tend plutôt à décroître ; il n'y a donc pas intérêt à aller plus loin.

Le tube de Crookes a été quelquefois remplacé par un simple tube de Geissler, dans lequel le vide était, par conséquent, poussé moins loin, mais qui contenait des substances phosphorescentes ou fluorescentes ; c'est alors l'énergie transformée qui agit sur la plaque.

On a aussi proposé de remplacer le tube de Crookes par une lampe à incandescence.

En Allemagne, MM. Siemens et Halske (1) se sont servis d'une telle lampe, sans fil de charbon, avec cathode formée par une feuille métallique appliquée sur la paroi extérieure de l'ampoule de verre ; ils employaient une étincelle de 4 à 5 centimètres seulement, au lieu des 10 à 15 alors en usage.

Ce dispositif a été utilisé en France par plusieurs expérimentateurs, entre autres par M. d'Arsonval (2), qui faisait communiquer le filament de charbon avec un des pôles d'une bobine à haute fréquence. Il a signalé que toutes les lampes à incandescence qui donnent une fluorescence jaune verdâtre sont susceptibles de remplacer le tube de Crookes ; celles dont la fluorescence est violette ou bleuâtre ne donnent presque rien.

Plaques. — Tandis que MM. Eder et Valenta ont indiqué que la sensibilité des plaques à la lumière n'est pas une mesure de leur sensibilité aux rayons X, M. Londe (3) et MM. Lumière (4) ont trouvé que cette sensibilité aux rayons X varie dans le même ordre que pour la lumière. D'après MM. Lumière, des plaques sensibilisées pour le rouge, pour le jaune, ou pour le vert, donnent exactement la même impression, toutes choses égales d'ailleurs, à la condition qu'elles aient la même sensibilité générale pour la lumière blanche.

Développement. — Il semble qu'on ne se soit guère préoccupé de la question du développement des plaques soumises aux rayons X, à en juger du moins d'après le peu de renseignements qui ont été publiés à ce sujet. Il

---

(1) *Photogr. Wochenblatt*, 11 février 1896.

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 2 mars 1896.

(3) *Ibid.*, 10 février 1896.

(4) *Ibid.*, 17 février 1896.

est probable que, tout au moins dans les premiers temps qui ont suivi la découverte, c'est-à-dire lorsqu'on ne savait pas encore produire ces rayons avec l'énergie qu'on leur donne aujourd'hui, la première idée a été d'employer des révélateurs puissants ; la même raison subsiste encore lorsqu'on veut réduire la pose au minimum.

Il existe cependant une autre considération qui dépend de la nature de l'objet qu'on cherche à reproduire. S'il s'agit d'obtenir simplement la silhouette de corps qui présentent un grand pouvoir absorbant, comme les métaux, il est clair qu'il y aura avantage à prendre un révélateur actif. Mais si l'on veut rendre les différences de teinte traduisant des différences d'absorption dues soit à des variations d'épaisseur, soit à des natures de substances distinctes, il y a intérêt à ménager les nuances, et on obtiendra ce résultat, comme il a été indiqué dans le premier chapitre, en employant un révélateur qui ne soit pas trop fort et qui contienne plutôt un retardateur, tel que le bromure de potassium. Les contrastes seront ainsi beaucoup mieux rendus, ce qui est d'une grande importance, en particulier dans les expériences où l'on veut faire ressortir les os ou les organes intérieurs du corps. J'ajouterai, à titre d'indication, que j'ai obtenu les meilleurs résultats, dans les nombreux clichés que j'ai exécutés avec les rayons X, en composant le réducteur moitié d'hydroquinone, moitié de métol.

Le métol commence la réduction et entraîne celle de l'hydroquinone, qui, à lui seul, est un peu lent. On obtient aussi de bons résultats avec le révélateur à l'acide pyrogallique, en ménageant l'accélérateur.

Durée de pose. — En perfectionnant les différentes

parties du matériel, et en employant des moyens de plus en plus puissants, on est arrivé à réduire considérablement la durée de pose.

A l'origine, il fallait environ dix minutes pour obtenir une silhouette assez accentuée d'un objet métallique, et une demi-heure à trois quarts d'heure pour un bon cliché de main montrant nettement les détails des os.

M. Keussen (1) réduit déjà la pose de trente à quinze minutes en chauffant la plaque vers 40° Celsius.

M. le professeur Wittmann (2), à Buda-Pesth, amène l'exposition à trois minutes, puis à trente secondes, en maintenant la communication de la pompe à air avec le tube.

A Heidelberg, le docteur Precht (3) photographie la main d'une dame en quinze secondes, et réduit même la pose à une seconde en se plaçant dans les conditions les plus favorables : emploi d'un tube de bonne qualité, degré de vide convenable, plaque très sensible, et long développement.

En France, le minimum de pose semble avoir été réalisé par M. Chappuis. A la fin de mars (4), il a obtenu des *instantanés* avec des objets métalliques en une seule décharge de la bobine, ainsi que des photographies de mains en une à deux secondes suivant l'épaisseur, la plaque étant à 16 centimètres du verre, source des rayons X ; celle-ci était munie d'un diaphragme de 8 millimètres. M. Chappuis employait des tubes de Crookes ordinaires, maintenus en relation avec la pompe.

Ces résultats montrent les influences les plus impor-

---

(1) *Photogr. Archiv*, 15 février 1896.

(2) *Photogr. Wochenblatt*, 25 février 1896.

(3) *Wiener photogr. Blätter*, mars 1896.

(4) *Société française de Physique*, avril 1896.

tantes grâce auxquelles on a pu ainsi abréger la durée de pose. Le degré de vide du tube joue un rôle capital ; M. Chappuis a trouvé que la pression la plus convenable est voisine de $\frac{1}{500}$ de millimètre de mercure ; on la maintient constante pendant le fonctionnement au moyen de la pompe. L'énergie de la décharge est aussi à considérer ; elle peut être poussée plus loin dans les tubes du genre focus, ainsi que nous l'avons vu, ce qui est favorable à la réduction de la pose.

On a cherché à augmenter l'effet de la décharge en employant le dispositif à haute fréquence de Tesla ; citons parmi ceux qui s'en sont servis les premiers : MM. Battelli et Garbasso, Joubin, d'Arsonval, etc.

La propriété que possèdent les rayons X de décharger les corps électrisés, étudiée par M. Righi et par MM. Benoist et Hurmuzescu, a été utilisée par M. Chappuis (1) pour apprécier, d'après la durée de la décharge, l'activité photographique des tubes ; il a trouvé, en effet, qu'il y a proportionnalité entre cette puissance et le temps de chute des feuilles de l'électroscope. C'est aussi une indication pour la durée de pose.

Application de la phosphorescence et de la fluorescence. — La constatation faite, dès l'origine, de la phosphorescence, de certaines substances sous l'action des rayons X a donné l'idée de profiter de cette influence pour renforcer l'effet photographique.

M. le professeur Gieseler (2), à Bonn, met sur la plaque sensible un papier imprégné de chlorure de fer, ou d'azotate d'urane, ou d'extrait de bois de Cuba ; il trouve qu'il y a avantage à tremper la plaque même dans une

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 30 mars 1896.

(2) *Photogr. Archiv*, 15 février 1896 (d'après une lettre du 28 janvier).

dissolution de chlorure de fer. Il y a lieu de faire quelques réserves au sujet de cette expérience en raison des actions chimiques qui peuvent les compliquer.

MM. Battelli et Garbasso (1) placent des substances fluorescentes derrière la plaque.

En France, M. Ch. Henry (2) se sert de sulfure de zinc, qu'il dépose sur la plaque.

En Angleterre, M. Gifford (3) emploie le platinocyanure de baryum ; et M. Jackson (4), le platinocyanure de potassium, dont M. le professeur Goldstein s'était déjà servi. Ce sel donne une fluorescence bleu violet.

En Allemagne, la fabrique de produits chimiques Kahlbaum (5) obtient une modification du platinocyanure de baryum bien plus sensible que celui que l'on employait auparavant ; c'est le résultat de modifications physiques produites dans cette substance par des cristallisations successives dans certaines conditions. D'après les premiers essais, la phosphorescence de ce nouveau produit est encore visible lorsque la substance est portée de 2 à 7 mètres du tube. Jusqu'à 2 mètres, on voit sur l'écran l'ombre des pièces métalliques, un porte-monnaie traversé, l'ombre des os. Si l'on approche l'écran du tube, la phosphorescence prend un tel éclat qu'on peut en voir la lueur dans une grande salle obscure. Il faut environ 2 grammes pour couvrir une surface 10×10. On a impressionné une plaque au travers de la main et du platino-cyanure en deux minutes.

On obtient de bons résultats (6) en plaçant un papier

---

(1) *Nuovo Cimento*, janvier 1896.

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 10 février 1896.

(3) *The optician*, 12 mars 1896.

(4) *Photography*, 26 mars et 2 avril 1896.

(5) *Photogr. Wochenblatt*, 24 mars 1896.

(6) *Photogr. Wochenblatt*, 21 avril 1896.

imprégné de ce produit sur des plaques sensibilisées à l'érythrosine, qui sont beaucoup plus sensibles aux radiations émises par le platinocyanure; l'effet est, paraît-il, neuf fois plus fort que sans la fluorescence. On se sert de plaques ordinaires rapides, et on les plonge pendant quatre minutes dans un bain formé de : eau, 1.000 centimètres cubes; dissolution alcoolique d'érythrosine à $\frac{1}{380}$, 40 centimètres cubes; dissolution aqueuse d'azotate d'argent à $\frac{132}{1.000}$, 16 gouttes; ammoniaque concentré, 4 centimètres cubes. Sur cette plaque, couche contre couche, est disposé un papier recouvert d'un dépôt bien régulier de platinocyanure. Le tout est emballé dans du papier noir et exposé aux rayons X.

Le cristal et la poudre de spath-fluor sont employés par le professeur Winkelmann et le docteur Straubel (1); la plaque sensible, retournée, en est couverte. Si on interpose entre le spath et la plaque une mince feuille de papier ou d'étain, l'action du spath cesse complètement. On en conclut que les radiations émises par le spath sous l'influence des rayons X ne sont pas capables de traverser le papier et l'étain.

Quelle que soit la substance employée, il est à craindre que, en mettant même de côté toute action chimiques l'intermédiaire de ces papiers phosphorescents ou fluo, rescents ne nuise à la netteté de l'image photographique, pour deux raisons : l'image sur papier peut ne pas être en contact immédiat avec la surface sensible, et les irrégularités d'épaisseur se traduisent par un grain plus ou moins prononcé.

Résultats. — Les très nombreuses recherches faites sur le degré d'absorption des différents corps se résument de la façon suivante :

---

(1) *Photogr. Archiv.* 1er avril 1896.

L'absorption des métaux diminue à peu près suivant l'ordre des densités décroissantes. Ainsi le platine n'est traversé que sous de très faibles épaisseurs, de l'ordre du centième de millimètre, tandis que l'aluminium l'est sous une épaisseur de 15 millimètres.

Les métalloïdes sont, en général, peu absorbants, qu'ils soient à l'état solide, liquide, ou gazeux ; le carbone, en particulier, sous toutes ses variétés, se laisse facilement traverser ; le chlore, le soufre, le phosphore, et surtout l'iode, sont moins transparents.

Le degré d'absorption d'un corps composé dépend de celui des éléments qui le constituent.

Les matières organiques, formées d'hydrogène, d'azote, de carbone, d'oxygène, n'opposent qu'une faible résistance ; tels sont les bois, le papier, le carton, le celluloïd, la gélatine, l'albumine, les chairs et tissus vivants, etc. Les os, qui renferment du soufre, du phosphore, de la chaux, absorbent davantage.

MM. Lumière (1) ont constaté que les rayons X, agissant pendant dix minutes sur un paquet de feuilles de papier au gélatino-bromure, impressionnaient jusqu'à la 150e feuille ; on irait plus loin en augmentant la durée de pose ; ils ont trouvé aussi que la couche de gélatino-bromure absorbe au même degré que le papier servant de support.

MM. de Rochas et docteur Dariex (2) ont étudié l'absorption des milieux de l'œil en les disposant sur une plaque au gélatino-bromure en même temps que d'autres corps servant de termes de comparaison. Ils ont trouvé que cette absorption est très prononcée, surtout de la part

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 17 février 1896.

(2) *Ibid.*, 24 février 1896, et Bulletin de la Société française de photographie, 1er avril 1896.

du corps vitré et du cristallin ; et cela suffit à expliquer pourquoi nous ne percevons pas les rayons X.

Applications. — Les différences d'absorption qui viennent d'être indiquées ont servi à organiser des expériences variées dans lesquelles on impressionne la plaque sensible, enfermée dans une boîte hermétiquement close, au travers de substances absolument opaques pour l'œil, telles que livres, épaisseurs de bois de plusieurs centimètres, plaques d'aluminium, etc. ; on montre en même temps que certains corps transparents, comme le verre, ne laissent passer que dans une faible mesure les rayons X ; ces résultats frappent l'imagination. Mais la forme la plus étonnante, et aussi la plus utile jusqu'ici, de ces expériences, consiste dans la reproduction des os, et de certaines parties intérieures du corps de l'homme et des animaux vivants. Dans cette voie, découverte par Röntgen lui-même, on a débuté par la photographie de la main, puis du pied, et on a continué par les corps entiers de petits animaux, tels que grenouille, poissons, oiseaux, etc., dont on a pu reproduire des spécimens de dimensions de plus en plus grandes au fur et à mesure que la puissance des moyens augmentait. Parmi les premiers opérateurs qui s'en soient occupés en France, citons M. Seguy, au laboratoire de M. Le Roux, les docteurs Oudin, Barthélemy, Lannelongue, d'Arsonval, MM. Perrin, Chappuis, Imbert, Bertin-Sans, Radiguet, Chabaud, Ogier, Londe, Lumière, et autres qu'il est impossible de citer en raison de leur grand nombre, car ces expériences ont été répétées immédiatement partout où l'on pouvait disposer du matériel nécessaire.

On arrive maintenant à reproduire des corps entiers d'enfants et à pénétrer les plus fortes épaisseurs du



Fig. 1.

Cadran d'une boussole photographié à travers la boîte qui la contenait.

corps. Ainsi, en Angleterre, avec le tube focus, M. le docteur Hall-Edwards (1) a photographié la colonne vertébrale d'un adulte vivant ; M. Rowland (2), un enfant nouveau-né, à une distance de 1 mètre du tube, en vingt minutes ; M. Chappuis (3), les os du bassin ; MM. Imbert et Martin-Sans (4), successivement le poignet, le coude, le genou, l'épaule, le torse, et la région lombaire de la colonne vertébrale. Enfin, les os du crâne ont été traversés, et MM. Brissaud et Londe (5) ont pu photographier une balle de revolver, du calibre de 7 millimètres, logée dans le cerveau ; la pose a été de sept quarts d'heure. Il n'y a donc plus aucune partie du corps qui échappe à l'investigation par les rayons X.

Ces résultats donnent un moyen précieux de reconnaître les maladies et fractures des os, ainsi que la présence de morceaux de verre ou de métal à l'intérieur du corps ; on obtient ainsi une indication sur la nature et la direction des opérations chirurgicales à exécuter. Ces renseignements ont déjà rendu de nombreux services pour les extractions de fragments de verre, d'aiguilles, de balles, de grains de plomb, etc., et seraient d'une ressource inappréciable en temps de guerre, tout au moins dans les hôpitaux et ambulances des grandes villes sur lesquelles les blessés seraient évacués ; on ne retrouverait pas souvent ainsi les balles des fusils actuels, car elles restent rarement dans le corps à cause de leur grande force de pénétration, mais il n'en est pas de même des chemises de ces balles, qui s'en détachent, ainsi que des éclats d'obus, et, surtout, des

(1) *Photography*, 19 mars 1896.

(2) *Société française de Physique*, 17 avril 1896.

(3) *Ibid.*

(4) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 4 mai 1896.

(5) *Ibid.*, 8 juin 1896.

esquilles et fragments d'os qui sont chassés et entraînés dans la profondeur des tissus.

Il y avait à compléter ces images par la notion de la place à laquelle se trouve l'objet à extraire par rapport aux os et organes voisins. Ce progrès a été accompli le 12 février 1896 (1) par MM. Eder et Valenta, à Vienne, sur l'incitation de M. le professeur Mach, par l'application du principe stéréoscopique. Ils ont photographié une souris sur deux plaques différentes, en donnant successivement deux positions différentes à la source des rayons X ; l'effet simultané des deux épreuves dans le stéréoscope montre bien les différences de distances. Ce dispositif est appliqué maintenant sur de plus fortes épaisseurs, et donne des vues qui dévoilent l'intérieur du corps avec la sensation du relief.

Parmi les parties du corps, autres que les os, qui peuvent être reproduites par les rayons X, les calculs de la bile et de la vessie ont été photographiés dès février par le professeur Neysser (2). Il a trouvé que le calcul de vessie est opaque et se traduit en blanc sur le cliché, tandis que le calcul biliaire se laisse traverser en partie. Il a photographié un calcul biliaire au travers d'un foie de 4 doigts d'épaisseur.

Au sujet de cette même application, M. Chappuis (3) a entrepris avec M. Chauvel de rechercher s'il était possible de photographier des calculs dans les parties du rein et de la vésicule biliaire non masquées par les côtes. Les expériences ont montré : 1° que ces organes ont un degré de perméabilité beaucoup moindre que les chairs, dû, pour le rein, aux matières minérales

---

(1) *Photogr. Correspondenz*, mars 1896.

(2) *Photogr. Wochenblatt*, 11 février 1896.

(3) *Société française de Physique*, 17 avril 1896.



Fig. 2.
Poignet normal d'adulte (réduction).

dont il est imprégné, et, pour la bile de la vésicule, à l'acide taurocholique qui contient du soufre ; 2° que les calculs du rein sont moins perméables que la bile dans laquelle ils plongent. Un calcul du rein logé dans le bassinet donne une tache très blanche sur fond blanc, tandis qu'un calcul biliaire donne une tache noire entourée d'un filet blanc sur fond blanc ; ce filet blanc est dû à une couche enveloppe qui contient du soufre.

Les rayons X ont servi aussi à l'étude des momies. En février, le docteur V. Tischendorf (1) a montré à la Société photographique de Francfort la reproduction de deux mains et d'un pied de momies égyptiennes, dont l'âge est évalué à cinq mille ans ; on y voit les détails très nets des os, et l'on constate, en particulier, que ce pied n'a pas été déformé par une chaussure étroite. A Vienne (2), la photographie d'une momie a indiqué, au travers des bandelettes, que les os devaient appartenir, non à un être humain, mais à un oiseau ; on n'hésita plus, alors, à procéder au déballage, et on y reconnut des os d'ibis.

La constitution intérieure du corps des animaux est révélée par les rayons X, ce qui donne lieu à une application intéressante, susceptible d'être utilisée pour les recherches et l'enseignement de l'histoire naturelle.

Les diamants vrais, qui sont formés de carbone pur, sont transparents pour les rayons X, tandis que les diamants faux, qui sont composés de matières vitreuses, présentent au contraire une très forte absorption ; les vrais donnent, par conséquent, sur le cliché, une teinte presque aussi foncée que le fond, et les faux, du blanc ou une teinte très claire. Cette différence, qui a été

---

(1) *Photogr. Correspondenz*, avril 1896.
(2) *Photogr. Wochenblatt*, 25 février 1896.

mise en évidence par MM. Buguet et Gascard (1), Londe, etc., donne un moyen sûr de distinguer le diamant vrai du strass, verre contenant du plomb, et autres imitations.

MM. Girard et Bordas (2) ont montré que les rayons X peuvent révéler l'existence d'engins suspects dissimulés dans des objets d'apparence inoffensive, tels qu'un livre.

Ces applications, et beaucoup d'autres, qu'il serait trop long d'exposer ici en détail, ont toutes pour principe les différences d'absorption qui ont été mentionnées plus haut. En résumé, ce genre de reproduction constitue dès maintenant un procédé nouveau et complet, qui possède des règles bien définies, et dont les applications, déjà très importantes, sont appelées à une grande extension.

Mode d'action sur le gélatino-bromure. — Une question intéressante consiste à déterminer si l'effet produit par les rayons X sur la plaque photographique provient d'une impression directe, comme celles que nous avons observées de la part des formes ordinaires de l'énergie, ou bien n'est qu'un résultat secondaire dû à une réaction de la gélatine ou du support sur la couche sensible par l'intermédiaire de la phosphorescence ou de la fluorescence. Le professeur Röntgen penchait pour cette dernière opinion, assez en faveur en Allemagne et ailleurs ; on fait valoir les propriétés fluorescentes de la gélatine et du verre dans certaines conditions, ainsi que l'aptitude des rayons X à produire ce phénomène.

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 24 février 1896.
(2) *Ibid.*, 2 mars 1896.



Fig. 3.
Squelette d'une grenouille, vu à travers les chairs.

J'ai cherché à résoudre la question d'une façon complète (1), au moyen du dispositif suivant.

Première expérience. — Deux plaques sensibles (Lumière, marque bleue) se recouvrent en partie, les gélatines en contact, et sont emballées dans quatre épaisseurs de papier noir ; sur chacune, une bande de gélatine a été enlevée de façon à mettre le verre à nu. Sur le dessus du paquet est posée une règle métallique, et le tout est exposé pendant une demi-heure aux rayons X qui proviennent d'un tube de Crookes éloigné de 6 centimètres, et excité par une bobine donnant une étincelle de 4 centimètres avec trois accumulateurs.

Les rayons qui tombent sur le verre de la première plaque traversent ensuite la couche sensible de celle-ci, puis continuent leur chemin, les uns dans la deuxième couche sensible et ensuite dans le verre, les autres dans le verre et le papier noir.

Le développement simultané des deux plaques montre les résultats suivants :

A. Les deux couches en contact sont impressionnées avec la même intensité, et il n'y a qu'une très légère différence, en plus foncé, sur la deuxième couche, en face de la partie de la première plaque dont la gélatine a été enlevée.

B. Il n'y a aucun renforcement de la teinte sur la première couche dans la région en contact avec la gélatine ou le verre de la deuxième plaque ; donc, ni la couche sensible, ni le verre de cette deuxième plaque n'a émis de radiations secondaires, provenant de phosphorescence ou de fluorescence, visibles ou invisibles, capables de produire l'effet photographique.

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 27 avril 1896.

C. La région de la deuxième couche qui a reçu directement les rayons X est plus foncée que celle qui a été impressionnée au travers de la première plaque, mais les bords de l'ombre produite par la règle métallique sont aussi nets dans les deux régions et exactement dans le prolongement l'un de l'autre. Ceci tend à prouver que le verre de la première plaque n'a pas émis non plus dans sa masse de radiations secondaires, car celles-ci se seraient propagées latéralement dans le verre, de 1 millimètre et demi d'épaisseur, entre la règle et la couche, et auraient causé une impression à l'intérieur de l'ombre ; ce résultat concorde avec l'observation *B*.

En résumé, cette première expérience indique que, ni les rayons qui se transmettent à l'intérieur de la première plaque, ni ceux qui arrivent ensuite sur la deuxième, ne produisent de radiations secondaires capables de déterminer l'effet photographique.

Mais une objection se présente : les rayons qui sortent de la première plaque sont-ils réellement des rayons X, ou des rayons secondaires que la première plaque émettrait en absorbant et transformant les rayons X ?

Voici comment on peut répondre à cette objection :

Deuxième expérience. — Je sépare les deux plaques en deux paquets distincts emballés dans du papier noir, et je les dispose horizontalement, l'une au-dessus de l'autre, avec un écartement de 18 millimètres, les gélatines étant en regard comme dans l'expérience précédente. Au-dessus du centre de la plaque supérieure, je place le tube de Crookes, à 4 centimètres, avec un diaphragme de 1 centimètre d'ouverture. Je pose sur la plaque supérieure, au centre, une pièce d'argent de 18 millimères de diamètre, et, entre les deux plaques,

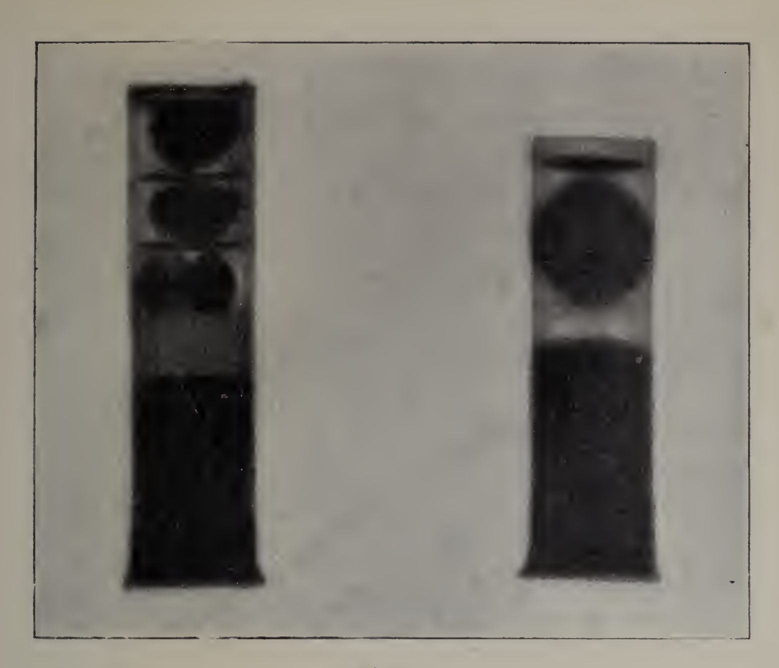


Fig. 4.
Cartouches.

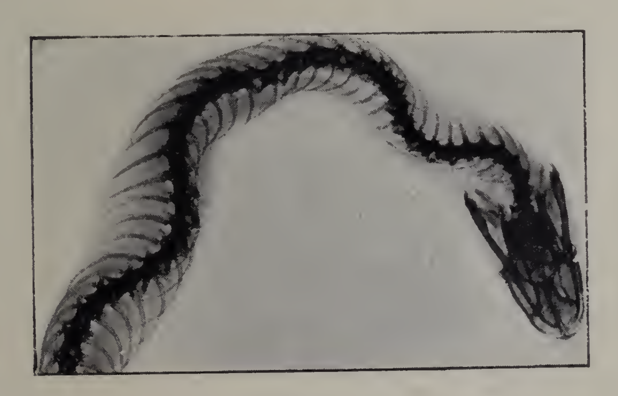


Fig. 5.
Couleuvre.

près des bords, un tube de cuivre vertical, ainsi qu'une boîte en carton contenant un porte-monnaie.

Si ce sont les rayons X qui sortent de la première plaque, ils vont déterminer une image négative de la pièce, sous forme d'une ombre de 22 millimètres de diamètre, entourée d'une pénombre de 5 millimètres, d'après le trajet de ces rayons en ligne droite ; ils formeront ainsi une certaine ombre du tube, et, accessoirement, devront avoir la force de traverser le carton et le porte-monnaie en donnant une image de son contenu.

Si, au contraire, ce sont des radiations secondaires émises par la plaque supérieure, elles se transmettront dans toutes les directions à partir de chaque point de celle-ci frappé par les rayons X, et impressionneront la deuxième couche à l'intérieur des ombres dont il vient d'être question.

Or, la seconde plaque prend dans le révélateur une teinte foncée sur laquelle se détachent de la façon la plus nette les ombres et les pénombres ayant exactement la place et les dimensions prévues d'après le trajet des rayons X ; de plus, le carton et le porte-monnaie sont fortement traversés et laissent voir en blanc l'image des pièces.

Par conséquent, ce sont bien les rayons X qui agissent sur la deuxième couche, après avoir traversé la première plaque, et on est en droit de leur appliquer la conclusion de la première expérience, c'est-à-dire qu'ils impressionnent *directement* le gélatino-bromure sur verre.

Le papier au gélatino-bromure m'a donné le même résultat.

Nous retrouvons donc ici une impression directe, comme pour les autres formes de l'énergie.

Théorie des rayons X. — Le professeur Röntgen et les innombrables expérimentateurs qui l'ont suivi ont cherché à mettre en évidence quelque propriété, nettement caractérisée, susceptible de révéler la nature des rayons X. On a ainsi constaté que, à part une certaine réflexion diffuse, ces rayons ne semblent pas se comporter comme les radiations lumineuses étudiées jusqu'ici ; ils se propagent en ligne droite, mais ne donnent lieu à aucun phénomène sensible de réfraction, de diffraction, ni de polarisation.

Ces résultats négatifs peuvent provenir soit de l'insuffisance des procédés de mesure employés, soit de la nature même des rayons X, qui seraient alors différents des radiations lumineuses.

Considérons d'abord la première hypothèse :

Si les rayons X produisent des franges de diffraction, et si celles-ci sont trop étroites pour être observées, c'est que leur longueur d'onde est très petite, puisque la largeur des franges diminue en même temps que la longueur d'onde. Les rayons X seraient alors dans l'ultra-violet.

D'autre part, ces rayons traversent un grand nombre de corps qui sont opaques pour les radiations de longueurs d'onde connues, et sont absorbés par des prismes et lentilles qui sont transparents pour ces mêmes longueurs d'onde. D'après cela, les rayons X seraient en dehors de la limite inférieure 100 mesurée par Schumann (v. ch. II).

Enfin, pour cette limite 100, l'absorption de l'air est tellement forte qu'une couche de 1 millimètre d'épaisseur forme écran opaque ; Schumann était alors obligé d'opérer dans le vide. Or, les rayons X ne sont pas absorbés sensiblement par l'air. On est alors amené à supposer que leur longueur d'onde est considérablement

inférieure à cette limite, et que celle-ci correspond à un maximum d'absorption par l'air. On sait, en effet, que l'absorption des corps par les radiations lumineuses varie dans les différentes parties du spectre, et passe par des maxima pour certaines régions. L'absorption de l'air passerait donc par un maximum dans les environs de la longueur d'onde 100, et décroîtrait ensuite jusqu'à devenir presque nulle pour une région située bien au delà, à laquelle appartiendraient les rayons X.

Si l'on aborde maintenant la dernière hypothèse, vibrations longitudinales, ou autre mode de propagation de l'énergie, on se heurte à de graves objections et à l'insuffisance de résultats expérimentaux.

On peut encore examiner si le mode même de production des rayons X ne donne pas quelque indication utile.

M. Perrin, et le professeur Röntgen dans un nouveau mémoire, ont montré que ces rayons naissent de la rencontre des rayons cathodiques avec toute substance se trouvant sur leur passage, que ce soit le verre des tubes ordinaires, ou la lame de platine du tube focus. Or, ce flux cathodique a des propriétés électriques et mécaniques (rotation d'un moulinet), comme s'il était formé d'un véritable jet de particules électrisées. L'électricité ne joue aucun rôle appréciable dans les rayons X, car nous savons qu'elle ne produit pas sur la plaque sensible l'effet direct que nous avons constaté ci-dessus ; on en supprime d'ailleurs complètement l'influence en opérant dans une cage métallique, où la plaque est encore impressionnée. Il est donc naturel de penser que les rayons X peuvent être attribués à l'ébranlement communiqué aux molécules du verre ou du métal par le choc du flux cathodique, ébranlement favorisé par l'extrême petitesse de la pression du milieu ambiant.

Ce ne serait plus alors qu'un cas particulier du rayonnement de l'activité moléculaire, que nous avons vu et que nous verrons encore, dans les deux chapitres suivants, se propager comme la lumière.

Remarquons, en outre, qu'il suffit, d'après les expériences de M. Chappuis, de soumettre le tube de Crookes à une seule décharge pour obtenir des rayons X capables d'impressionner la plaque. Il faudrait savoir si chaque décharge dans ce vide est, comme dans l'air, accompagnée d'oscillations rapides, si elles influent sur la projection cathodique, si celle-ci est formée d'une seule impulsion, ou de plusieurs successives allant en s'amortissant et donnant un mélange de longueurs d'ondes différentes, etc.

Comme conclusion, l'éclaircissement de la théorie des rayons X demande encore des études complémentaires, en particulier sur les radiations lumineuses de très petites longueurs d'onde dont nous ne connaissons pas les propriétés, et sur la relation entre les rayons cathodiques et la décharge.

CHAPITRE VI

Expériences de Niepce de Saint-Victor

Les expériences dont il est question ici sont celles qui ont été exécutées par Niepce de Saint-Victor (1) de 1857 à 1867, dans le but de chercher, au moyen de la photographie, si la lumière peut s'emmagasiner dans les corps, en dehors de la phosphorescence et de la fluorescence. Quelques détails de ces expériences sont connus, et même célèbres : par exemple, l'influence photographique d'un papier blanc soumis préalablement aux rayons solaires ; mais d'autres, non moins intéressants, sont tombés dans l'oubli : ils méritent de revenir au jour, par ce temps de recherches fébriles sur tout ce qui a rapport à l'invisible, car c'est bien de l'invisible qu'il s'agit ici puisque la phosphorescence et la fluorescence proprement dites sont mises de côté.

---

(1) Niepce de Saint-Victor est le neveu de Nicéphore Niepce, avec lequel on le confond quelquefois. Nicéphore Niepce, l'associé de Daguerre, est l'inventeur de la photographie au moyen du bitume de Judée ; Niepce de Saint-Victor a introduit l'usage du verre comme support de la couche sensible à base d'albumine, et s'est livré à de nombreuses recherches, notamment sur les actions chimiques de la lumière, sur son emmagasinement, sur l'héliochromie, etc. Si l'on veut attribuer à chacun d'eux ce qui lui appartient, il est indispensable de les désigner par leur nom entier ; c'est un peu plus long, mais c'est aussi le seul moyen d'éviter la confusion dont je parle, et qui est trop fréquente.

Toutefois, je n'aurais pas attribué une place aussi importante à ces expériences, malgré tout leur intérêt, si l'effet constaté par leur auteur sur le papier sensible dont il se servait ne s'appliquait aussi, au moins en partie, au gélatino-bromure. Il est facile de vérifier qu'il en est bien ainsi en mettant, dans l'obscurité, au contact d'une plaque au gélatino-bromure, un papier blanc préalablement insolé ; le développement, au bout de quelques heures, montre que la surface sensible a été impressionnée, bien qu'aucune phosphorescence visible ne puisse être constatée sur le papier.

Il m'a donc semblé utile d'exhumer le travail de Niepce de Saint-Victor, et d'y joindre les observations faites à la suite par M. l'abbé Laborde et par M. Thénard ; je reproduis les textes eux-mêmes ; car, en matière d'expérience, et surtout dans le cas présent, les détails ont une importance capitale.

Cet exposé permettra de rétablir à leur véritable point de vue certains des résultats obtenus, qui sont quelquefois appréciés d'une façon inexacte, et engagera peut-être quelques expérimentateurs à reprendre avec le gélatino-bromure des recherches qui paraissent abandonnées depuis 1867.

En suivant dans cette série la marche successive des idées, on pourra constater une curieuse analogie avec ce qui vient de se passer pour de récentes expériences à près de quarante ans de distance : aux deux époques, certains effets paraissent d'abord dus uniquement à une action lumineuse invisible, appelée *activité* par Niepce de Saint-Victor, et *lumière noire* par M. Le Bon ; puis, en approfondissant le phénomène, on finit par trouver que, dans certaines conditions, celui-ci se complique d'actions calorifiques et chimiques. Seulement, on remarquera en même temps cette différence que, si

la discussion du travail de Niepce de Saint-Victor a traîné plusieurs années et sans grand enthousiasme, à ce qu'il semble, il a suffi de quelques semaines pour déterminer les causes des résultats trouvés par M. Le Bon, grâce aux progrès de la science et au coup de fouet donné à ces études par la découverte du professeur Röntgen.

Voici les textes. Ils seront suivis d'une discussion qui montrera la part de chacune des formes de l'énergie, et de laquelle ressortira la relation de ces faits avec d'autres dont on s'occupe actuellement et qui font l'objet du chapitre suivant.

Mémoire sur une nouvelle action de la lumière, par M. Niepce de Saint-Victor (1).

« Un corps, après avoir été frappé par la lumière ou soumis à l'insolation, conserve-t-il dans l'obscurité quelque impression de cette lumière ?

« Tel est le problème que j'ai cherché à résoudre par la photographie.

« La phosphorescence et la fluorescence des corps sont connues ; mais on n'a jamais fait, que je sache, avant moi, les expériences que je vais décrire.

« On expose aux rayons directs du soleil, pendant un quart d'heure au moins, une gravure qui a été tenue plusieurs jours dans l'obscurité, et dont une moitié a été recouverte d'un écran opaque ; on applique ensuite cette gravure sur un papier photographique très sensible (2) et, après vingt-quatre heures de contact dans

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 15 novembre 1857, et Bulletin de la Société française de photographie, novembre 1857.

(2) Il s'agit ici de papier au chlorure d'argent, ainsi que le dit l'auteur dans les mémoires suivants ; il est probable que ce chlorure était produit

l'obscurité, on obtient en noir une reproduction des blancs de la partie de la gravure qui, dans l'acte de l'insolation, n'a pas été abritée par l'écran.

« Lorsque la gravure est restée plusieurs jours dans l'obscurité la plus profonde et qu'on l'applique sur le papier sensible sans l'exposer à la lumière, elle ne se reproduit pas.

« Certaines gravures, après avoir été exposées à la lumière, se reproduisent mieux que d'autres, selon la nature du papier ; mais tous les papiers, même le papier à filtrer de Berzélius, avec ou sans dessins photographiques et autres, se reproduisent plus ou moins après une exposition préalable à la lumière.

« Le bois, l'ivoire, la baudruche, le parchemin et même la peau vivante, se reproduisent parfaitement dans les mêmes circonstances ; mais les métaux, le verre, les émaux ne se reproduisent pas.

« En laissant très longtemps une gravure exposée aux rayons solaires, elle se saturera de lumière, si je puis m'exprimer ainsi. Dans ce cas, elle produira le maximum d'effet, pourvu qu'en outre on la laisse deux ou trois jours en contact avec le papier sensible. J'ai obtenu ainsi des intensités d'impression qui me font espérer que peut-être on arrivera, en opérant sur des papiers très sensibles, comme sur le papier préparé à l'iodure d'argent, par exemple, ou sur une couche de collodion sec ou d'albumine, et en développant l'image avec l'acide gallique ou pyrogallique, à obtenir des épreuves assez vigoureuses pour pouvoir en former un cliché ; ce serait un nouveau moyen de reproduction des gravures.

« Je reprends la série de mes expériences. Si l'on

---

par double décomposition d'un chlorure alcalin et d'azotate d'argent ; il devait donc rester de l'azotate d'argent en excès, comme dans les papiers dont on se sert actuellement.

interpose une lame de verre entre la gravure et le papier sensible, les blancs de la gravure n'impressionnent plus le papier sensible. Il en est de même si l'on interpose une lame de mica ou une lame de cristal de roche, ou une lame de verre jaune coloré à l'oxyde d'urane. On verra plus loin que l'interposition de ces mêmes substances arrête également l'impression des lumières phosphorescentes placées directement en face du papier sensible.

« Une gravure enduite d'une couche de collodion ou de gélatine se reproduit ; mais une gravure enduite d'une couche de vernis à tableaux ou de gomme ne se reproduit pas.

« Une gravure placée à 3 millimètres de distance du papier sensible se reproduit très bien ; et si c'est un dessin à gros traits, il se reproduira encore à 1 centimètre de distance. L'impression n'est donc pas une action de contact ou une action chimique.

« Une gravure colorée de plusieurs couleurs se reproduit très inégalement, c'est-à-dire que les couleurs impriment leur image avec des intensités différentes, variables avec leur nature chimique. Quelques-unes laissent une impression très visible tandis que d'autres ne colorent pas ou presque pas le papier sensible.

« Il en est de même des caractères imprimés avec diverses encres : l'encre grasse d'imprimerie en relief ou en taille-douce, l'encre ordinaire formée d'une solution de noix de galle et de sulfate de fer, ne donnent pas d'images, tandis que certaines encres anglaises en donnent d'assez nettes.

« Des caractères vitrifiés, tracés sur une plaque de porcelaine vernissée ou recouverte d'émail, s'impriment sur le papier sensible, sans que la porcelaine elle-même laisse aucune trace de sa présence ; mais une porcelaine

non recouverte de vernis ou d'émail, telle que le biscuit ou la pâte de kaolin, produit une impression légère.

« Si, après avoir exposé une gravure à la lumière pendant une heure, on l'applique sur un carton blanc qui est resté dans l'obscurité pendant quelques jours ; si, après avoir laissé la gravure en contact avec le carton pendant vingt-quatre heures au moins, on met le carton à son tour en contact avec une feuille de papier sensible, on aura, après vingt-quatre heures de ce nouveau contact, une reproduction de la gravure un peu moins visible, il est vrai, que si la gravure eût été appliquée directement sur le papier sensible, mais encore distincte. Lorsqu'une tablette de marbre noir, parsemée de taches blanches et exposée à la lumière, est appliquée ensuite sur le papier sensible, les parties blanches du marbre s'impriment seules sur le papier. Dans les mêmes circonstances, une tablette de craie blanche laisse aussi une impression sensible tandis qu'une tablette de charbon de bois ne produit aucun effet.

« Lorsqu'une plume noire et blanche a été exposée au soleil et appliquée dans l'obscurité sur papier sensible, ce sont encore les blancs qui seuls impriment leur image.

« Une plume de perruche, rouge, verte, bleue et noire, a donné une impression presque nulle, comme si toute la plume avait été noire. Certaines couleurs, cependant, avaient laissé des traces d'une action très faible.

« J'ai fait quelques expériences avec des étoffes de différentes natures et de différentes couleurs.

«..... Des étoffes de coton, de fil, de soie et de laine, donnent des impressions différentes, selon la nature chimique de la couleur.

« J'appelle d'une manière toute particulière l'attention

sur l'expérience suivante, qui me paraît curieuse et importante :

« On prend un tube de métal, de fer-blanc, par exemple, ou de toute autre substance opaque, fermé à une de ses extrémités et tapissé à l'intérieur de papier ou de carton blanc ; on l'expose, l'ouverture en avant, aux rayons solaires directs pendant une heure environ ; après l'insolation, on applique cette même ouverture contre une feuille de papier sensible, et l'on constate, après vingt-quatre heures, que la circonférence du tube a dessiné son image. Il y a plus, une gravure sur papier de Chine, interposée entre le tube et le papier sensible, se trouvera elle-même reproduite.

« Si on ferme le tube hermétiquement aussitôt qu'on a cessé de l'exposer à la lumière, il conservera pendant un temps indéfini la faculté de radiation que l'insolation lui a communiquée, et l'on verra cette faculté s'exercer ou se manifester par impression, lorsque l'on appliquera ce tube sur le papier sensible, après en avoir enlevé le couvercle qui le fermait.

« J'ai répété sur les images lumineuses formées dans la chambre obscure les expériences que j'avais d'abord faites à la lumière directe. On tire un carton blanc de l'obscurité pour le placer, pendant trois heures environ, dans la chambre obscure, où se projette une image vivement éclairée par le soleil; on applique ensuite le carton sur une feuille de papier sensible, et l'on obtient, après vingt-quatre heures de contact, une reproduction assez visible de l'image primitive de la chambre obscure.

« Il faut une longue exposition pour obtenir un résultat appréciable, et voilà sans doute pourquoi je n'ai rien obtenu en recevant seulement pendant une heure et demie l'image d'un spectre solaire sur une feuille de

carton blanc ; je n'en suis pas moins persuadé qu'une exposition de plusieurs heures sur une feuille de papier ou de carton très absorbant donnerait une impression de spectre ; et l'on peut regarder comme acquis à la science ce fait qui n'est pas sans portée.

« Il ne m'a pas encore été donné d'expérimenter avec la lumière, soit de la lampe électrique, soit de l'œuf électrique ; mais je me propose de le faire aussitôt que je le pourrai.

«... Il me reste à parler des expériences que j'ai faites avec des corps fluorescents et phosphorescents.

« Un dessin tracé sur une feuille de papier blanc avec une solution de sulfate de quinine, un des corps les plus fluorescents connus, exposé au soleil et appliqué sur papier sensible, se reproduit en noir beaucoup plus intense que le papier blanc qui forme le fond du dessin. Une lame de verre interposée entre le dessin et le papier sensible empêche toute impression. Une lame de verre jaune coloré à l'oxyde d'urane produit le même effet.

« Si le dessin au sulfate de quinine n'a pas été exposé à la lumière, il ne se produit rien sur le papier sensible.

« Un dessin lumineux tracé avec du phosphore sur une feuille de papier blanc, sans exposition préalable à la lumière, impressionnera très rapidement le papier sensible ; mais si on interpose une lame de verre, il n'y a plus aucune action.

« Les mêmes effets ont lieu avec le fluate de chaux, rendu phosphorescent par la chaleur.

« Tels sont les principaux faits que j'ai observés. L'espace me manque pour énumérer toutes les expériences que j'ai faites ; il en reste beaucoup à faire et voilà pourquoi je m'empresse de publier cette note sans

attendre qu'elle soit plus complète. Il m'est permis, je crois, d'espérer que ma nouvelle manière de mettre en évidence des propriétés de la lumière à peine soupçonnées ou imparfaitement constatées jusqu'ici, excitera l'attention des physiciens et amènera d'importantes recherches. »

Mémoire sur une nouvelle action de la lumière, par M. Niepce de Saint-Victor (1).

« Il y a deux manières de mettre en évidence l'action exercée par la lumière sur les corps qui ont été frappés par elle, dans les circonstances que j'ai signalées récemment aux observateurs. La première, celle que j'ai décrite dans un premier mémoire, consistait à exposer au soleil, ou même à la lumière diffuse du jour, un dessin quelconque, une gravure par exemple, qu'on appliquait ensuite sur une feuille de papier sensible, préparée au chlorure d'argent. La seconde manière que je vais décrire est plus concluante encore.

« On prend une feuille de papier restée plusieurs jours dans l'obscurité ; on la couvre d'un cliché photographique sur verre ou sur papier ; on l'expose aux rayons solaires pendant un temps plus ou moins long, suivant l'intensité de la lumière, on la rapporte dans l'obscurité ; on enlève le cliché qui la couvre, et on la traite par une dissolution d'azotate d'argent : on voit alors apparaître, dans l'espace de très peu de temps, une image qu'il suffit de bien laver dans l'eau pure pour la fixer. »

L'auteur indique ici comment il est possible d'obtenir une image plus vigoureuse en imprégnant préalable-

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1er mars 1858, et Bulletin de la Société française de photographie, mars 1858.

ment le papier d'une dissolution d'azotate d'urane ou d'acide tartrique, et en le traitant, après exposition, par l'azotate d'argent ou le chlorure d'or. Il reprend ensuite le sujet qui nous intéresse :

« Un dessin tracé sur une feuille de carton avec une solution d'azotate d'urane, ou d'acide tartrique, exposé à la lumière ou insolé, et appliqué sur une feuille de papier sensible préparée au chlorure d'argent, imprime son image, et une image beaucoup plus intense que lorsque le dessin était tracé, comme dans une première expérience, avec le sulfate de quinine. Je crois même pouvoir affirmer, après de nouvelles et nombreuses expériences, que si avec le sulfate de quinine j'ai obtenu des images un peu intenses, c'est que j'opérais avec du sulfate dissous dans l'acide tartrique ; car si l'on opère avec une solution de sulfate de quinine dans l'acide azotique ou sulfurique, les images obtenues sont faibles et superficielles.

« Si le dessin fait sur le carton avec la solution d'urane ou d'acide tartrique est tracé à gros traits, il se reproduira, à 2 ou 3 centimètres de distance du papier sensible, surtout si la température est un peu élevée. »

Quelques expériences montrent que la chaleur favorise l'apparition de l'image.

« J'ai répété avec des cartons imprégnées d'urane ou d'acide tartrique mes premières expériences sur l'emmagasinement de la lumière dans des tubes, et j'ai obtenu des résultats beaucoup plus frappants, surtout avec l'acide tartrique, qui réduit moins facilement les sels d'or et d'argent que l'urane, mais qui donne un rayonnement plus fort.

« J'expose à la lumière solaire une feuille de carton très fortement imprégnée de deux ou trois couches d'une solution d'acide tartrique ou de sel d'urane ; après

l'insolation je tapisse avec le carton l'intérieur d'un tube de fer-blanc assez long et d'un diamètre étroit ; je ferme le tube hermétiquement, et je constate après un très long laps de temps, comme le premier jour, que le carton impressionne le papier sensible préparé au chlorure d'argent. A la température de l'air ambiant, il faut vingt-quatre heures pour obtenir le maximum d'effet ; mais si, après avoir projeté dans le tube quelques gouttes d'eau pour humecter légèrement la feuille de carton, on le referme, on l'expose à une température de 40 à 50 degrés, on l'ouvre et on applique son ouverture sur la feuille de papier sensible, il suffira de quelques minutes pour obtenir une image circulaire de l'embouchure aussi vigoureuse que si le papier sensible avait été exposé au soleil. L'expérience ne réussit qu'une fois, c'est-à-dire que la lumière semble s'être échappée tout entière du carton, et que, pour obtenir une seconde image, il faudra recourir à une seconde insolation...

« ...Une feuille de papier du commerce collée à l'amidon et insolée pendant trois heures environ fait rougir la teinture bleue de tournesol dans la partie insolée ; de plus, le papier se trouve décollé, ou au moins l'encollage a changé de nature, puisque le papier est immédiatement traversé par l'eau dans la partie insolée.

« L'effet est encore plus sensible quand le papier est imprégné de soude, de potasse, ou d'iodure de potassium ; mais un papier collé à la gélatine ne se décolle pas sous l'influence de la lumière dans le temps où se décolle un papier collé à l'amidon.

« Une feuille (1) de papier du commerce collée à l'amidon, insolée sous un cliché photographique sur verre,

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 20 décembre 1858.

placée au sein de l'obscurité dans une solution d'iodure de potassium concentrée, donne une image d'un brun rouge qui devient bleu aussitôt qu'on la plonge dans l'eau ; cette réaction met en évidence les plus faibles actions de la lumière sur le papier amidonné.

« On expose à la lumière pendant trois heures environ une feuille de papier du commerce collée à l'amidon, en même temps qu'on protège par un écran une partie de la surface. Après l'insolation, on plonge la feuille dans une cuve d'indigo, on l'y laisse une ou deux minutes, on la passe ensuite dans l'eau, et l'on constate, à sa sortie de l'eau, que sous l'influence de l'oxygène de l'air, le papier s'est coloré en bleu dans la partie qui a été insolée, tandis que celle qui ne l'a pas été est restée blanche.

« Le sulfate d'indigo donne un résultat inverse.

« Le bois de campêche et l'hématine donnent une coloration rouge dans la partie insolée ; la feuille de papier Berzélius, traitée de la même manière, ne donne aucun résultat appréciable. »

Note sur l'activité communiquée par la lumière au corps qui a été frappé par elle (1).

« Je répondrai par une seule expérience aux objections qui m'ont été adressées relativement à l'activité persistante communiquée par la lumière à un corps insolé.

« J'ai placé dans une glacière un tube de fer-blanc contenant un carton imprégné d'acide tartrique qui avait été préalablement exposé au soleil ; ce tube est resté entouré de glace pendant quarante-huit heures,

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 11 avril 1859, et Bulletin de la Société française de photographie, mai 1859.

recouvrant de son orifice un papier sensible préparé simplement à l'azotate d'argent et séché ; une feuille d'impression mince et couverte de gros caractères avait été interposée entre l'orifice et le papier sensible pour servir de négatif. Quand j'eus jugé que la lumière du carton avait suffisamment agi, j'ai traité le papier sensible par l'acide gallique, et j'ai développé une image que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Si le papier avait été préparé à l'iodure d'argent, l'image eût été beaucoup plus vigoureuse ; mais, telle qu'elle est, elle met complètement en évidence et hors de doute une action réellement exercée par la lumière, et indépendante d'une radiation calorifique : c'est tout ce que je voulais démontrer aujourd'hui.

« Quant à l'action de la chaleur, je sais qu'elle existe depuis qu'elle m'a été révélée par les expériences que je poursuis depuis plusieurs mois et que je publierai bientôt, me contentant de dire, pour prendre date, qu'en mettant en jeu la radiation obscure d'une source de chaleur à 100 degrés, j'obtiens à volonté des images négatives ou positives suivant la préparation du papier.

« La chaleur peut donc, dans certaines circonstances, produire les résultats que j'ai, dans mes premières recherches, attribuées à la lumière. Les radiations calorifiques ou lumineuses exercent des actions chimiques incontestables, mais réellement distinctes, et qu'il ne faut pas confondre même quand elles s'exercent simultanément. Quand on chauffe le tube où se trouve un carton insolé, comme je l'ai conseillé à une époque où la distinction entre les effets lumineux et calorifiques n'était pas encore très nette dans mon esprit, on obtient une impression plus rapide et plus intense, parce que les deux effets s'ajoutent ; mais, comme je viens de le prouver, la lumière seule, indépendamment de l'éléva-

tion de température et de l'intervention des vapeurs aqueuses, suffit à donner des impressions très vigoureuses... »

Mémoire de M. l'abbé Laborde (1).

« En faisant l'expérience de M. Niepce sur l'activité persistante de la lumière, j'ai remarqué dès les premiers essais une différence caractéristique entre l'effet produit par le papier insolé et celui qui résulte de l'action directe de la lumière.

« Lorsqu'un papier sensible est exposé pendant quelques instants seulement à l'action directe de la lumière, la teinte qu'il prend est toute extérieure, et disparaît entièrement si l'on gratte légèrement la surface ; mais s'il a subi l'action du papier insolé assez longtemps pour offrir une teinte à peu près égale en intensité, cette teinte n'est pas seulement extérieure, elle pénètre toute l'épaisseur du papier et paraît au-dessous aussi bien qu'au-dessus : on voit que le papier sensible a été imprégné plutôt qu'impressionné et l'on est déjà porté à admettre une émanation plutôt qu'une radiation de la part du papier insolé. Les expériences suivantes ne laissent aucun doute sur ce point.

« Afin de ne pas répéter plusieurs fois la même chose, je dirai que, pour chacune de ces expériences, un carton mince imprégné d'acide tartrique était exposé au soleil pendant quatre heures environ, et placé ensuite dans une boîte de fer-blanc dont il tapissait le contour. Cette boîte avait 18 centimètres de hauteur et 8 centimètres de diamètre.

« Le papier sensible préparé comme pour les positifs

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie, août 1859.

ordinaires était appliqué sur un disque de verre fixé lui-même dans l'intérieur du bouchon qui fermait la boîte, et occupait toujours la partie inférieure.

« L'action du carton insolé était prolongée pendant douze à quinze heures. Une lame de verre, malgré sa transparence, garantit très bien le papier sensible, mais il faut qu'elle ait été nettoyée avec soin : sans cette précaution, le papier sensible noircit parfois autant et plus sous le verre que sur les parties exposées directement à l'action du papier insolé.

« *Première expérience.* — Le papier sensible étant recouvert en partie d'une lame de verre, j'en ai placé une seconde en croix sur la première, en sorte que le papier sensible en était séparé par une distance de 3 millimètres environ ; cette seconde lame de 1 centimètre de largeur devait s'opposer ainsi à la radiation, mais non pas à la circulation. Lorsque j'ai ouvert la boîte, le papier s'est trouvé noirci également partout, excepté sous la bande de verre qui était en contact avec lui. Cependant, si cette première bande de verre est très mince, et qu'il n'y ait plus ainsi qu'une très petite distance entre la seconde bande et le papier sensible, la circulation devient plus difficile, et le papier sous-jacent est en partie préservé. En remplaçant le second verre par une lame d'ivoire, je n'ai pas trouvé de différence dans les résultats. J'ai cru devoir faire cette seconde expérience, parce qu'on aurait pu dire que le papier insolé pouvait agir à travers les corps transparents avec le concours de l'air souvent renouvelé : puisque, en effet, certaines substances impressionnables comme le bitume de Judée, sont insensibles à la lumière lorsqu'on les prive entièrement du contact de l'air.

« *Deuxième expérience.* — La boîte contenant le carton

insolé a été laissée pendant quatre heures dans un endroit chaud ; je l'ai débouchée ensuite avec précaution, et tenant l'ouverture en bas, j'en ai retiré doucement le carton insolé ; j'ai fixé promptement sur le fond du bouchon un papier sensible traversé par une bande de verre, et j'ai refermé la boîte. Je l'ai placée dans un endroit frais, et lorsqu'au bout de douze heures je l'ai ouverte, j'ai trouvé le papier sensible noirci sur la surface découverte, malgré l'absence du carton insolé.

« Il est inutile de discuter ces deux expériences pour montrer qu'évidemment dans tous ces effets on a affaire à une émanation, et non pas à une radiation.

« Quelle est la nature de cette substance qui s'échappe du carton insolé, et agit sur le papier sensible ? Les faits suivants prouvent que c'est un acide volatil, très probablement l'acide formique.

« 1° Le papier bleu de tournesol recouvert en partie par une lame de verre, et exposé à l'action du carton insolé, rougit toujours sur sa surface découverte. J'ai fait très souvent cette expérience, parce qu'on peut sans inconvénient l'adjoindre à toutes les autres.

« 2° Afin de prouver que cet acide volatil était bien lui-même la substance active, car il aurait pu seulement l'accompagner, j'ai enveloppé un large tube de verre d'un papier buvard humecté d'une solution de potasse ; je l'ai fixé au fond intérieur de la boîte dont il occupait ainsi toute la hauteur verticale ; j'ai introduit le carton insolé, et, après avoir mis comme à l'ordinaire dans l'intérieur du bouchon un papier sensible et un papier bleu de tournesol traversés par une bande de verre, j'ai fermé la boîte. Au bout de douze heures, le papier bleu de tournesol et le papier sensible n'avaient pas changé d'apparence ; en l'absence de l'acide volatil que la potasse avait neutralisé, aucune action ne s'était fait sentir.

« Pour déterminer positivement la nature de cet acide, il faudrait pouvoir en recueillir une quantité pondérable. J'ai eu recours à d'autres moyens dont l'ensemble rend très probable l'existence de l'acide formique.

« 1° J'ai mis de l'eau distillée dans une capsule de porcelaine bien propre, et je l'ai exposée pendant quinze heures à l'action du papier insolé. Additionné ensuite de quelques gouttes de nitrate d'argent, et chauffé jusqu'à l'ébullition, le liquide a noirci promptement, comme il arrive lorsqu'on fait la même expérience avec la plus minime quantité d'acide formique.

« 2° J'ai remplacé l'eau distillée par une solution d'acétate de plomb, et, après avoir laissé agir le carton insolé pendant deux jours, j'ai trouvé sur la surface du liquide une foule de petits points blancs que j'ai pu enlever avec un papier. Je les ai fait bouillir ensuite avec une faible solution de nitrate d'argent qui a été réduit à l'état métallique, comme si on eût employé directement le formiate de plomb. On pourrait dire que le papier insolé a pu laisser tomber quelques parcelles d'acide tartrique sur l'acétate de plomb, et former ces points blancs qui seraient alors du tartrate de plomb ; mais la tartrate de plomb ne réduit pas les sels d'argent comme le formiate.

« 3° En flairant l'intérieur de la boîte au moment où on l'ouvre, on peut reconnaître une odeur mélangée de caramel et d'acide formique. La présence de l'acide formique s'explique d'ailleurs assez naturellement, quand on réfléchit sur les influences auxquelles est soumis le papier imprégné d'acide tartrique.

« En effet, l'action de la lumière peut se manifester par deux effets tout contraires : réduction ou oxydation. L'effet direct est toujours une réduction ; il se manifeste sur les sels d'argent, d'or, etc. ; il faut y ajouter celui

qui dépasse tous les autres par son énergie et ses conséquences : la réduction de l'acide carbonique dans les feuilles des plantes. Mais la réduction suppose la séparation de l'oxygène, ou de tout autre élément électronégatif, séparation qui le met à l'état naissant, et le rend éminemment apte à s'unir aux substances avec lesquelles il est en contact. Si le corps oxydé devient par sa nature et ses propriétés plus apparent et plus palpable en quelque sorte que le corps réduit, l'oxydation paraît être alors l'unique effet de la lumière ; mais c'est un effet secondaire, tel qu'on le remarque sur le bitume de Judée, l'essence de térébenthine, etc. ; j'ajouterai, et sur l'acide tartrique, si l'on veut bien admettre que, sous l'influence de la lumière, l'oxygène tend à se séparer de la matière organique imprégnée d'acide tartrique ; car cet oxygène à l'état naissant s'unira à l'acide tartrique, et produira dès lors l'acide formique. L'affinité de l'acide tartrique pour l'oxygène vient en aide à cette transformation : il suffit en effet d'ajouter du peroxyde de plomb à une forte solution d'acide tartrique, pour obtenir aussitôt une émanation d'acide formique. Je me suis servi de cette propriété que possède l'acide tartrique de se suroxyder facilement et d'exhaler de l'acide formique, pour contrôler les effets précédents par l'expérience suivante : on met dans un verre à expérience une solution concentrée d'acide tartrique, et du peroxyde de plomb ; on applique ensuite sur un large bouchon de liège un papier sensible et un papier bleu de tournesol retenus par une bande de verre ; ce bouchon étant fixé sur le vase, au-dessus du mélange, on le place dans l'obscurité, et, après un temps très court, le papier sensible a bruni, le papier bleu de tournesol a rougi, comme s'ils eussent été exposés pendant douze à quinze heures à l'action du carton insolé. J'ajouterai, comme

un nouveau trait de ressemblance, que dans l'un et l'autre cas les papiers de tournesol rougis par l'acide et abandonnés à eux-mêmes reviennent peu à peu à leur teinte primitive.

« Les faits que je viens d'exposer ne permettent guère d'admettre l'activité persistante de la lumière, et encore moins une lumière emmagasinée ; mais si l'expérience de M. Niepce, ainsi expliquée, perd son étrangeté, elle n'en conserve pas moins le cachet d'originalité qui distingue toutes les recherches de son auteur.

« MM. Bouillon et Sauvage avaient déjà conclu de leurs recherches que la réduction d'un papier sensible, soumis à l'action d'un tube insolé, n'était due ni à la chaleur ni à la lumière emmagasinée. La seule expérience qu'ils citent pour prouver que cette réduction n'est pas due à de la lumière emmagasinée pouvait laisser quelques doutes dans l'esprit, puisque M. Niepce l'avait faite lui-même, et avait réfuté d'avance les conclusions qu'on en pouvait tirer, en disant que les radiations lumineuses émises par le phosphore brûlant lentement dans l'air n'agissaient pas non plus à travers le verre. MM. Bouillon et Sauvage attribuent la réduction du papier sensible à un corps volatile particulier, et soupçonnent l'ozone ; mais l'ozone, loin d'être un réducteur, est un corps éminemment oxydant. On pourrait cependant lui donner un autre rôle indirect et décisif, en tout semblable à celui que j'ai attribué à l'oxygène que la lumière peut séparer à l'état naissant de la matière organique ; car l'ozone n'est que de l'oxygène ramené ou conservé à l'état naissant, susceptible par là même d'oxyder la plupart des corps, et comme presque toutes les substances organiques, gomme, sucre, amidon, ligneux, acide tartrique, etc., produisent de l'acide formique avec un mélange capable de les oxyder, on voit quel rôle l'ozone

ou l'oxygène à l'état naissant peut jouer, non seulement dans cette première expérience de M. Niepce, mais encore toutes les fois que des matières organiques sont exposées à l'action de la lumière. »

Expériences sur la lumière latente, par M. Thénard (1).

M. Thénard a communiqué en 1860 à la Société philomathique de Paris quelques expériences relatives aux travaux de M. Niepce de Saint-Victor et dont voici le résumé :

« 1° Dans l'obscurité complète, une feuille de papier ordinaire est désolarisée en l'exposant pendant une heure à l'action de la vapeur.

« 2° Une feuille de papier ainsi traitée a été divisée en deux parties : l'une fut conservée pour servir de terme de comparaison ; l'autre fut enroulée et introduite dans un tube de verre à l'extrémité duquel on fit arriver de l'oxygène ozonisé. Au bout d'un quart d'heure, la présence de l'oxygène ozonisé étant nettement sensible à l'autre extrémité du tube, le papier fut enlevé.

« 3° Cette même feuille ainsi traitée fut alors soumise aux expériences indiquées par M. Niepce de Saint-Victor pour les papiers solarisés, et elle produisit les mêmes effets. L'autre moitié, conservée comme témoin, se comporta d'une façon toute différente.

« 4° Au contraire, un papier au nitrate ou au chlorure d'argent traité par l'ozone ne donne point de résultats sensibles.

« 5° Du papier ozonisé a manifesté de la manière la plus complète toutes les autres propriétés des papiers solarisés.

---

(1) Bulletin de la Société française de photographie, septembre 1860.

« 6° Un papier ozonisé conservé pendant quelque temps dans un tube à essais manifesta une odeur qui n'était plus celle de l'ozone, mais bien d'une matière essentielle, extrêmement volatile.

« Que pouvons-nous conclure de tous ces faits, dit M. Thénard, si ce n'est que les phénomènes d'insolation décrits par M. Niepce sont des phénomènes chimiques déterminés directement par la lumière, qui n'agit que comme agent intermédiaire ? »

Sur une action de la lumière inconnue jusqu'ici, par M. Niepce de Saint-Victor (1).

« En continuant mes expériences sur l'action que la lumière exerce sur tous les corps poreux ou rugueux, en leur donnant une activité persistante pendant longtemps pour réduire les sels d'argent et décolorer les étoffes, j'ai constaté quelques faits nouveaux que je vais rapporter.

« Ainsi, en exposant à un fort soleil, pendant deux ou trois heures, une partie fraîchement cassée de la tranche d'une assiette de porcelaine opaque et l'appliquant ensuite sur un papier préparé au chlorure d'argent, on obtient, après vingt-quatre heures de contact, une réduction du sel d'argent dans la partie correspondante à celle qui a été frappée par la lumière, et rien dans celle qui en a été préservée. Certaines porcelaines tendres acquièrent plus facilement cette activité.

« Une plaque d'acier, polie dans une partie et dépolie dans l'autre au moyen d'une assez forte action d'eau-forte, et parfaitement nettoyée à l'alcool, a été ensuite insolée trois ou quatre heures dans les conditions sui-

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1861, et Bulletin de la Société française de photographie, juillet 1861.

vantes : moitié de la plaque polie et dépolie sous un écran opaque, et l'autre moitié sous un verre blanc. La plaque a été ensuite recouverte par un papier préparé au chlorure d'argent albuminé. Après vingt-quatre heures de contact, j'ai obtenu une impression de la partie dépolie qui avait été frappée par la lumière, mais rien dans la partie polie ni dans celle dépolie placée sous l'écran.

« Une lame de verre, fortement dépolie et parfaitement nettoyée à l'eau distillée, a donné les mêmes résultats que la plaque d'acier.

« Je dirai que la lumière a moins d'action sous un verre violet que sous un verre blanc.

« Ces expériences démontrent donc qu'il n'est pas nécessaire, pour que la réduction des sels d'argent ait lieu, qu'il y ait une action chimique, comme lorsque l'on insole un sel métallique avec une matière organique, ou simplement une des deux matières.

« M. Arnaudon, chimiste de Turin, a répété quelques-unes de mes expériences dans les différents gaz, et les résultats ont été les mêmes qu'à l'air libre. Moi, je me propose de les répéter dans le vide lumineux.

« ... Cette activité acquise par un corps insolé a donc, dans beaucoup de cas, la même propriété que la lumière ; mais je vais citer une expérience où elle n'agit pas de même ; ainsi, on sait que les bitumes comme les résines s'oxydent à l'air et à la lumière ; eh bien, je n'ai pas pu, avec cette activité acquise par un corps insolé, solidifier un vernis au bitume de Judée, de même qu'un bitume insolé ne réduit pas les sels d'argent. Cela tient peut-être à ce que cette activité, comme la lumière, ne peut pas pénétrer et se fixer dans la couche lisse du bitume de Judée ?

« Une plaque de fer oxydée dans l'ombre ne réduit

pas les sels d'argent, mais elle les réduit si elle est insolée. »

Suivent quelques expériences négatives sur l'action que pourrait exercer un corps insolé sur l'aiguille aimantée.

« *Conclusions.* — Il résulte de l'ensemble de mes expériences que cette *activité* persistante donnée par la lumière à tous les corps poreux, même les plus inertes, ne peut même pas être de la phosphorescence, car elle ne durerait pas si longtemps, d'après les expériences de M. Edmond Becquerel. Il est donc plus probable que c'est un rayonnement invisible à nos yeux, comme le croit M. Léon Foucault, rayonnement qui ne traverse pas le verre. »

Sur une nouvelle action de la lumière,
par M. Niepce de Saint-Victor (1).

« Voici maintenant l'expérience que j'ai faite. J'ai placé sur une feuille de papier sept bandes de verre rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo et violet. Après l'insolation, j'ai appliqué cette feuille de papier sur une autre feuille enduite d'iodure ou de chlorure d'argent, et je les ai laissées en contact dans l'obscurité pendant douze heures. J'ai vu alors que les bandes de verre rouge, orangé, jaune et vert n'avaient pas impressionné le papier sensible, mais que les bandes bleu, indigo, violet avaient noirci la couche sensible.

« J'ai répété cette expérience sur des papiers ou cartons imprégnés d'azotate d'urane ou d'acide tartrique, et la couche sensible a été beaucoup plus vivement

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1867, et Bulletin de la Société française de photographie, octobre 1867.

impressionnée dans les parties correspondant aux mêmes rayons que j'ai indiqués plus haut.

« Lorsque la feuille de papier contenant de l'azotate d'urane ou de l'acide tartrique a été insolée, on peut facilement constater cette activité en versant une solution d'azotate d'argent en forme de traînée sur la partie insolée. On verra immédiatement une coloration très forte dans les rayons bleu, indigo, et violet, et rien dans les quatre premiers, à moins que l'exposition à la lumière n'ait été très prolongée. Dans ce cas, une légère impression se manifeste dans les rayons vert, jaune et rouge, mais rien dans l'orangé.

« Si l'on applique les bandes de verre sur une feuille de papier encollé à l'amidon, et qu'on l'expose à la lumière solaire pendant une heure environ, on verra, en versant sur la partie recouverte des sept bandes de verre une solution d'iodure de potassium, les parties de la feuille de papier correspondant aux rayons violet, indigo et bleu, prendre une teinte rouge brique, et aucune coloration dans les rayons vert, jaune, orangé et rouge. »

L'auteur conclut en faisant observer que cette activité persistante, qui n'était pas connue avant ses expériences, est due aux rayons qualifiés *chimiques*, et produit le même effet que la lumière directe sur les sels d'argent.

Discussion. — Le procédé le plus logique de discussion me paraît être d'aller du simple au composé sans tenir compte de l'ordre chronologique.

L'expérience la plus simple est celle dans laquelle un corps inorganique est insolé, puis mis au contact du papier sensible ; l'impression obtenue avec le marbre blanc, la craie (Mémoire de 1857), la porcelaine, le fer oxydé, l'acier et le verre dépolis (1861), tandis que l'acier et le verre polis (1861) ne donnent rien, ne peut guère

s'expliquer que par une action du genre lumineux ; là, tout semble indiquer qu'il y a emmagasinement d'énergie par les molécules superficielles des surfaces blanches rugueuses, puis rayonnement capable de produire l'effet photographique par la réduction du chlorure et de l'azotate d'argent contenus dans le papier sensible employé. Cette hypothèse ne présente d'ailleurs rien d'invraisemblable ni de difficile à comprendre. Les corps blancs sont, en effet, ceux qui ont la propriété de rayonner la lumière incidente ; c'est un phénomène instantané, mais rien ne dit que les molécules superficielles, surexcitées par l'énergie incidente, ne gardent pas pendant quelque temps un surcroît d'activité qui est rayonné aussi, à la façon de la lumière ; la rugosité et la porosité de la surface favorisent l'absorption et l'emmagasinement. Quant aux corps noirs, ils absorbent l'énergie lumineuse, mais ne la restituent que sous forme calorifique, c'est-à-dire sous forme d'un mouvement vibratoire plus lent, qui n'est capable de produire d'effet ni sur l'œil ni sur la plaque photographique.

Cette expérience appartient à un ordre de phénomènes qui doit être assez répandu, et dont la phosphorescence et la fluorescence ne sont que des cas particuliers.

Considérons, maintenant, l'expérience relative au papier blanc.

L'activité que lui donne la lumière peut être attribuée en partie à la cause précédente ; mais il est certain qu'une action chimique intervient aussi, par suite de l'altération que subit le papier insolé, altération qui est mise en évidence par la réduction de l'azotate d'argent (1858), par l'assimilation avec le papier ozonisé, etc.

Nous savons (ch. 1er) que la lumière, agissant sur une matière organique, a pour premier effet de préparer



la combinaison de l'hydrogène avec les corps pour lesquels il a une grande affinité, en particulier avec l'oxygène. Si la lumière est intense, l'énergie absorbée devient suffisante pour amener cette combinaison et aussi pour produire l'oxydation du carbone ; il se forme alors de l'acide formique, qui peut être considéré comme l'association de l'eau avec l'oxyde de carbone, et qui prend naissance, en effet, toutes les fois qu'une matière organique s'altère par oxydation dans l'air. Cet acide formique est un produit transitoire, qui a une grande tendance à s'oxyder davantage en donnant de l'acide carbonique et de l'eau. Ce dernier degré d'oxydation s'effectue facilement en présence d'un azotate, qui est tout disposé à céder une partie de son oxygène. C'est ainsi que l'acide formique réduit l'azotate d'argent en mettant en liberté un dépôt brun d'argent.

Comme l'ozone oxyde le papier, et que celui-ci ainsi traité produit le même effet que le papier insolé (Thénard), il est naturel de penser que l'insolation détermine l'oxydation du papier ; et cela se comprend aisément puisque la matière organique a une grande tendance à s'oxyder. La réduction de l'azotate d'argent provient donc alors de l'acide formique résultat d'une première oxydation.

Cet acide formique qui imprègne le papier insolé agit aussi, par contact, sur l'azotate d'argent du papier sensible, pour le réduire en faisant apparaître une image foncée.

Mais il faut remaquer que, dans le papier sensible employé par Niepce de Saint-Victor, l'azotate est associé à une matière organique et au chlorure d'argent, et qu'il est nécessaire de savoir comment ces deux autres substances se comportent en présence de l'acide formique. J'ai fait l'expérience, et j'ai constaté qu'il y avait alors

insensibilisation analogue, quoique inférieure, à celle qui a lieu avec l'encre. Voici comment j'ai opéré avec l'encre :

Si l'on met un tel papier sensible, ou une plaque au gélatino-chlorure contenant encore son azotate d'argent en excès, en contact pendant environ vingt-quatre heures avec un papier portant des traits ou des caractères d'écriture bien encrés et secs, et qu'on l'expose à la lumière, on observe qu'il se forme tout d'abord un léger positif; puis le fond monte rapidement, rattrape et dépasse la teinte des lettres, de sorte qu'au positif succède un négatif dans lequel celles-ci se détachent en clair sur un fond de plus en plus foncé ; en même temps, les lettres vues par réflexion prennent un reflet métallique. On obtient un positif si l'on s'arrête à la première période, un négatif si l'on pousse l'exposition plus loin, et la réflexion métallique subsiste. Il y a donc un léger dépôt d'argent provenant d'une réduction de l'azotate ou du chlorure contenus dans la couche sensible. Pour trancher la question, il suffit d'enlever l'azotate par un lavage complet avant de soumettre à l'encre ; on constate alors que les traits restent blancs à la lumière pendant que le fond monte. La réduction était donc due à l'azotate seul, et l'encre ne produit sur la matière organique et le chlorure qu'un effet d'insensibilisation, semblable à celui qui a lieu avec le bromure (ch. 1er).

L'acide formique donne lieu à une action analogue, mais plus faible. Par conséquent, tandis que l'effet chimique exercé par un papier insolé sur un papier sensibilisé à l'azotate tend à donner du brun, il ménage, au contraire, mais faiblement, des blancs sur la combinaison de la matière organique et du chlorure, et aussi sur le gélatino-bromure.

Donc, en résumé, l'influence du papier insolé résulte

des actions suivantes : sur le papier au chlorure azotate, impression assez forte produite par l'énergie lumineuse emmagasinée, et donnant une image brune par réduction des deux sels ; de plus, action chimique, forte, produisant une image brune par réduction de l'azotate seul ; enfin, action chimique, faible, réservant une image blanche ; en définitive, image brune. Sur le gélatino-bromure, impression lumineuse assez forte, action chimique insensibilisatrice faible ; en définitive, image assez foncée au développement.

L'influence, sur le papier sensible, d'un carton qui a été en contact avec le papier insolé (1857) s'explique par le transport de l'acide formique, corps volatil qui peut se transmettre par simple contact.

L'encollage à l'amidon active l'oxydation, et l'ozone, qui se forme sans doute là comme dans d'autres exemples où il y a oxydation de matières organiques, communique au papier des propriétés oxydantes, amenant la décomposition de l'iodure de potassium (1858), etc.

Lorsque le papier est imprégné de sulfate de quinine, d'acide tartrique, d'azotate d'urane, on ne peut pas faire intervenir la phosphorescence, car celle qui est manifestée par ces substances est très courte, à peine de quelques centièmes de seconde, d'après Edmond Becquerel ; mais il est possible que ces corps conservent encore quelque temps une certaine excitation moléculaire donnant lieu à des radiations invisibles ; ce phénomène est analogue a celui qui vient d'être observé par M. Henri Becquerel notamment avec les sels d'urane et dont il sera question dans le chapitre suivant.

L'effet chimique du tube, qui s'explique déjà par les vapeurs d'acide formique dans le cas du papier simple, devient encore plus énergique lorsque ce dernier est imprégné d'acide tartrique ; M. l'abbé Laborde a prouvé

qu'il s'agit bien là d'une émanation et que l'action est alors purement chimique ; sa conclusion concorde bien avec ce que nous avons dit plus haut de l'acide formique.

En humectant et chauffant ce papier dans le tube (1858), on facilite encore davantage la production des vapeurs.

L'effet des verres colorés (1867) est conforme à ce qui est connu sur l'action photographique des rayons bleus, indigos et violets.

Enfin, ces expériences indiquent que les radiations invisibles provenant de l'énergie lumineuse restituée ne traversent pas le verre, le mica, le cristal de roche, le verre d'urane (1857).

Au point de vue historique, Niepce de Saint-Victor doit donc être considéré comme ayant trouvé, dès 1857, les premiers résultats dans le domaine de la photographie de l'invisible ; la première phrase du mémoire de 1857 montre que cette découverte n'est pas due au hasard, et le mémoire de 1861 prouve que, après avoir reconnu la part des actions chimiques, il se rendait compte de la nature du phénomène en concluant, non pas, ainsi qu'on l'a dit, à une phosphorescence, mais, avec Foucault, à un « rayonnement invisible ne traversant pas le verre ». Il ne pouvait aller plus loin avec la faible sensibilité de la surface photographique dont il disposait ; mais il a ouvert la voie aux chercheurs sur un terrain nouveau où le gélatino-bromure va encore rendre les plus grands services.

CHAPITRE VII

Photographie de l'invisible.

Ce titre général comprend l'exposé des phénomènes dans lesquels le gélatino-bromure est utilisé pour mettre en évidence l'existence de radiations qui l'impressionnent tout en étant invisibles ; comme les rayons X, qui se rapportent à cette question, ont été traités à part, et en l'absence d'expériences démontrant un effet propre des ondes électriques, il ne reste plus à parler ici que des radiations de l'espèce lumineuse, dans les cas où elles sont incapables de produire la sensation visuelle.

Nous savons que le défaut de cette sensation peut provenir soit d'une intensité trop faible, soit d'une longueur d'onde inférieure ou supérieure aux limites du spectre visible, soit à fortiori, de la réunion de ces deux causes.

Comme exemple du premier effet, nous citerons la photographie céleste, qui nous révèle l'existence d'astres que notre œil ne peut apercevoir même avec les instruments les plus puissants.

Les radiations de l'infra-rouge ne produisent sur le gélatino-bromure qu'une impression relativement faible, susceptible d'être accrue par l'addition de substances

convenables, comme certaines teintures qui le sensibilisent pour le jaune et le rouge.

Au contraire, il est facilement impressionné par les rayons ultra-violets. On peut séparer ceux-ci en utilisant leur propriété de traverser certains corps qui absorbent les autres rayons voisins. Ainsi, M. Cornu a montré (1), dès 1880, en étudiant le pouvoir réfléchissant de plusieurs métaux, qu'il est possible d'observer par fluorescence des radiations ultra-violettes très réfrangibles au travers d'une lame d'argent déposée chimiquement, assez épaisse pour arrêter les rayons du soleil; la transparence est plus particulièrement observable dans le voisinage de la raie R (2). M. de Chardonnet (3) a utilisé cette propriété de l'argent pour photographier avec l'arc électrique des objets en apparence invisibles, et a trouvé que, si ces rayons ne sont pas visibles, ce n'est pas parce que la rétine y est insensible, mais parce qu'ils sont absorbés par les milieux de l'œil, surtout par le cristallin, qui ne laisse passer que les rayons du spectre visible; le corps vitré et la cornée sont traversés jusque dans le voisinage des raies S et T. Il est probable que ces rayons traversent un grand nombre de substances dites *opaques*.

Cette question de la photographie au travers des corps opaques nous amène à différentes recherches, faites récemment, et dans lesquelles il est difficile de déterminer si l'invisibilité des radiations qui arrivent sur la surface sensible provient d'un manque d'intensité, ou de la valeur de la longueur d'onde ; toutefois, en raison de ce qui précède, il est vraisemblable que les

---

(1) *Annales de l'Ecole Normale.* 2e série, t. IX, p. 23 (spectre normal du soleil).

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 17 juin 1889.

(3) *Ibid.*, 24 avril 1882, 12 et 19 février 1883.

radiations ultra-violettes doivent jouer là un rôle important.

PHOTOGRAPHIE AU TRAVERS DES CORPS OPAQUES

Effet de la lumière du jour. — Voici d'abord une expérience (1) dans laquelle je me proposais de vérifier que la lumière du jour, atténuée jusqu'à ne plus produire aucun effet sur l'œil, peut encore impressionner à la longue le gélatino-bromure.

J'ai appliqué derrière une planchette de sapin de 5 millimètres d'épaisseur une plaque (Lumière, marque bleue) protégée en arrière contre la lumière et maintenue en même temps contre le bois par quatre feuilles de papier noir collées sur la planchette. Après une exposition de huit heures à la lumière diffuse du jour, j'ai obtenu un bon cliché montrant la structure du bois, et donnant un négatif d'une épreuve sur papier interposé entre la plaque et la planchette ; du papier d'étain était légèrement traversé, et du papier noir ne l'était nullement. Je me suis assuré que, dans ces conditions d'éclairage, il fallait réduire l'épaisseur à moins de 3 millimètres, pour que l'œil, habitué à l'obscurité, pût percevoir la lumière au travers. D'autre part, la facilité du développement m'a prouvé que cette lumière traverserait, avec une intensité suffisante pour la photographie, une épaisseur encore plus forte que les 5 millimètres employés.

Expériences de M. Le Bon. — « Dans un châssis photographique (2) positif ordinaire introduisons une

(1) Comptes rendus, 9 mars 1896.
(2) *Ibid.*, 27 janvier 1896.

plaque sensible, au-dessus d'elle un cliché photographique quelconque, puis au dessus du cliché et en contact intime avec lui une plaque de fer couvrant entièrement la face antérieure du châssis. Exposons la glace, ainsi masquée par la lame métallique, à la lumière d'une lampe à pétrole pendant trois heures environ. Un développement énergique et très prolongé de la glace sensible, poussé jusqu'à entier noircissement, donnera une image du cliché très pâle, mais très nette par transparence. »

M. Le Bon ajoute qu'en appliquant une lame de plomb derrière la plaque sensible, on obtient une image vigoureuse.

« La lumière solaire donne les mêmes résultats que la lumière du pétrole et ne paraît pas agir d'une façon beaucoup plus active.

« Le carton et les métaux, le fer et le cuivre notamment, sont aisément traversés.

« ..... Quant à la chaleur (1), je me suis convaincu, en maintenant pendant douze heures des plaques sensibles en contact avec des clichés à une chaleur obscure de 50 degrés, qu'on n'obtenait aucune trace d'image.

« Il n'est nullement nécessaire que les lames opaques soient en contact avec le cliché. On obtient les mêmes résultats en les plaçant à une certaine distance, de façon à isoler la glace sensible et le cliché de tout contact métallique.

« ... Le papier noir est un des corps qui se laissent le plus difficilement traverser, malgré sa très faible épaisseur.

« Le châssis (2) étant recouvert de l'un des métaux que

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 3 février 1896.

(2) *Ibid.*, 17 février 1896.

j'ai indiqués, aluminium ou fer par exemple, une moitié de la plaque métallique est couverte à son tour d'une dizaine de feuilles de papier noir superposées, qui seraient très suffisantes, avec la pose que nous employons, pour arrêter la formation de l'image sur une plaque sensible exposée sous un cliché. Or, au développement, nous constatons que l'image est absolument égale en intensité, aussi bien sous la partie recouverte seulement par le métal que sous la partie où le métal est recouvert lui-même de dix épaisseurs de papier. Si, sur cette même lame métallique, nous superposons de gros disques de fer de plusieurs centimètres d'épaisseur, nous constatons encore que ces disques, malgré leur épaisseur, ne laisseront aucune trace sur l'image. »

M. Le Bon conclut en exprimant l'idée que ces phénomènes sont dus, non à la lumière, ni à l'électricité, mais à une force nouvelle.

MM. Lumière ont répété ces expériences (2) en exposant à différentes sources, soleil, lumière électrique, etc., des plaques très sensibles masquées par des feuilles de métal très minces : feuilles d'aluminium de $\frac{7}{100}$ de millimètre d'épaisseur, de cuivre de $\frac{5}{100}$, de fer de $\frac{20}{100}$, de laiton de $\frac{35}{100}$, etc. Ils n'ont pu obtenir au développement aucune impression. Comme ils avaient pris toutes les précautions nécessaires pour empêcher la lumière d'arriver sur la plaque par infiltration, ils supposaient que cette lumière extérieure avait dû pénétrer dans le dispositif de M. Le Bon et produire les effets qu'il avait trouvés.

M. d'Arsonval (3), opérant comme MM. Lumière avec des lames métalliques très minces, constate que la plaque sensible n'est pas impressionnée. Mais, en inter-

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 24 février 1896.

(3) *Ibid.*, 2 mars 1896.

posant entre la lame métallique et les rayons solaires une épaisse lame de glace, semblable à celles dont on se sert dans les châssis positifs, il trouve qu'une impression très faible se produit à la longue. Dans ces conditions un phénomène de fluorescence a lieu, et les radiations nouvelles émises par le verre fluorescent, traversant la feuille de métal (v. plus loin), impressionnent la surface sensible. M. d'Arsonval a observé que, si l'on place sur la plaque métallique un morceau de verre d'urane, l'impression est plus rapide ; tous les verres ne sont pas également bons ; d'après lui, ceux qui donnent les meilleurs résultats sont ceux qui émettent une fluorescence jaune verdâtre lorsqu'on les éclaire dans l'obscurité par l'étincelle électrique.

Mais cette fluorescence n'est pas la seule action qui intervienne dans les expériences de M. Le Bon ; il faut encore tenir compte des actions calorifiques et chimiques, qui sont très capables d'influencer le gélatino-bromure, ainsi que je l'ai montré (v. ch. I et III). Cela ressort d'ailleurs nettement des expériences suivantes faites par MM. Drouet et E. Vallot.

M. Drouet a répété la première expérience de M. Le Bon, et s'exprime ainsi (1) dans une communication faite à la Société française de photographie le 7 février 1896 :

« Une tôle ordinaire non polie, épaisse de 1 millimètre, a été mise à la place de la glace d'un châssis-presse 9 × 12 ; un négatif et une plaque sensible (Graffe et Jougla, marque jaune) ont été placés, gélatine contre gélatine, sur la tôle. Enfin, une lame de plomb, un peu plus grande que les deux verres, a été posée sur le dos de la plaque sensible, en ayant soin de mettre les bords de cette plaque au contact de la tôle. Le tout a été

(1) Bulletin de la Société française de photographie, 15 février 1896.

exposé pendant une heure et demie à 20 centimètres d'un arc de 5 ampères.

« Après développement énergique, une image positive très faible a été obtenue sur quelques parties de la plaque.

« En mettant à la place de la plaque de tôle une glace forte, puis un carton gris de trois quarts de millimètre d'épaisseur, et enfin une plaque sensible de même marque que précédemment, mais sans lame de plomb au dos, la première expérience, répétée dans les mêmes conditions de durée et d'intensité d'éclairage, a fourni un positif moins irrégulier et moins faible.

« Le premier essai, recommencé avec une plaque Lumière (marque bleue), à 15 centimètres d'un arc de 14 ampères, pendant une heure, n'a pu être mené à bonne fin, les deux couches de gélatine s'étant soudées ensemble par suite de l'élévation de température et du dégagement d'humidité.

« En répétant les deux premiers essais à 10 centimètres d'une lampe à pétrole, pendant trois heures, avec des plaques Lumière (marque bleue), j'ai eu les résultats suivants. La plaque de tôle de 1 millimètre d'épaisseur avec lame de plomb au dos de la glace sensible n'a donné aucune image. Avec le carton de trois quarts de millimètre d'épaisseur, une image positive suffisamment bonne a pu être révélée.

« Je crois que l'élévation de la température et le dégagement de vapeur d'eau qui en résulte doivent exercer sur la gélatine de la plaque sensible une action qui a, peut-être, pour effet de modifier la perméabilité de la gélatine pour le révélateur. »

Dans la séance du 6 mars, M. Emile Vallot a présenté deux positifs (1) obtenus de la façon suivante :

(1) Bulletin de la Société française de photographie, 1er avril 1896.

« Voici, en deux mots, comment j'ai procédé : après avoir opéré, comme l'indique M. le docteur Le Bon, c'est-à-dire après avoir exposé à la lumière d'une lampe à pétrole, pendant trois heures, un châssis-presse dont la glace était remplacée par une plaque de tôle de 3 millimètres d'épaisseur, et qui contenait un cliché au gélatino-bromure en contact avec une plaque également au gélatino-bromure, j'ai obtenu, après développement, cette épreuve très faible, il est vrai, mais qui est intéressante en ce qu'elle montre que l'image ne s'est produite que là où il y a eu contact avec la gélatine du cliché ; j'avais eu soin, au préalable, d'enlever par un grattage une bande de gélatine d'un centimètre environ autour de l'image, et logiquement, ces bords du cliché étant transparents, auraient dû venir au positif complètement noirs ; c'est le contraire qui est arrivé. Je voyais là la preuve que l'image s'était produite, comme l'a dit dans la dernière séance M. le capitaine Colson, par des vapeurs venant de la gélatine du cliché, vapeurs produites par la chaleur dégagée par la lampe à pétrole.

« D'après cette hypothèse, il était évident qu'on devait obtenir une image en chauffant simplement la plaque de tôle du châssis-presse : c'est ce que j'ai fait, et les positifs que voici ont été obtenus dans une obscurité complète ; la plaque de tôle du châssis contenant le cliché et la plaque sensible a été chauffée simplement avec un fer à repasser très chaud, qui était remplacé par un autre lorsqu'il était refroidi. L'opération a duré trois heures.

« Dans une autre expérience, ayant chauffé le cliché et la plaque sensible avant de les placer dans le châssis, je n'ai pu obtenir la moindre trace d'image. De même une plaque mise en contact avec un cliché pendant trois jours, mais non chauffée, n'a pu donner d'image. Ce qui semble bien démontrer que dans les expériences

faites soit à l'aide d'une lampe à pétrole, soit au moyen d'un fer chaud, les images sont produites par le développement de vapeurs venant du cliché.

« J'ajouterai, pour les personnes qui voudraient répéter ces expériences, que le développement avec un bain d'hydroquinone neuf demande au moins une demi-heure. »

Je reproduis ces textes en entier parce que les détails qui y sont contenus éclaircissent singulièrement la question. Quelle que soit la source employée, pourvu qu'elle mette en œuvre une énergie calorifique, l'eau que renferme toujours la gélatine du *cliché* s'évapore sous l'influence de cette chaleur transmise par le corps opaque interposé, et vient se condenser sur la surface sensible. Cette vapeur d'eau, si elle est pure, insensibilise le gélatino-bromure et le met plus ou moins à l'abri du voile du développement. Si le cliché contient encore des traces du révélateur ou de l'hyposulfite, l'eau condensée sur le gélatino-bromure en entraîne une partie, et il se produit une action chimique. Comme la condensation sur la plaque sensible est facilitée par le refroidissement de celle-ci, on comprend que la lame de plomb appliquée sur le dos de la plaque, lui soutirant une certaine quantité de chaleur, favorise l'effet. La conductibilité de la lame métallique antérieure pour la chaleur explique aussi pourquoi les feuilles de papier noir et les disques que M. Le Bon interpose entre cette lame et la source n'empêchent pas la chaleur de se répandre latéralement dans toute la plaque à partir de la région chauffée ; cette expérience suffirait, à elle seule, pour prouver que c'est bien la chaleur qui agit.

Ce qui précède laisse intacte la cause due à la fluorescence pour les expériences analogues à celle qui a été signalée par M. d'Arsonval, ainsi que l'influence

que peut exercer l'emmagasinement de la lumière, influence liée sans doute à la nature du métal, à son degré d'oxydation, etc., par une loi qui n'est pas encore connue.

Précautions à prendre au sujet des vapeurs métalliques. — Il est essentiel de tenir compte aussi, dans ces expériences, de l'effet particulier produit par le zinc (v. ch. I). J'ai trouvé que la vapeur qui se dégage déjà, à la température ordinaire, des parties décapées, traverse trois épaisseurs de papier écolier fort, ainsi que le papier photographique albuminé ordinaire, et, plus difficilement, le papier au gélatino-bromure ; les parties claires ou foncées d'une épreuve ne présentent pas de différence au passage ; le papier noir est peu traversé ; le carton arrête. Le bois ne laisse passer qu'en faible épaisseur, et d'autant moins qu'il est plus serré. Les métaux, le verre, les substances cristallisées, la gomme, et en général les corps *compacts*, forment obstacle. L'encre d'imprimerie sèche est traversée, tandis que l'encre à écrire ne l'est pas, sans doute à cause de la gomme et des cristaux qu'elle contient.

Le magnésium et le cadmium donnent aussi des vapeurs qui impressionnent le gélatino-bromure.

Effets de l'arc et de l'étincelle électriques. — Le professeur Schmidt, de Berlin, a trouvé (1) que les rayons de l'arc électrique traversent l'ébonite, le bois, le papier.

M. A. Nodon (2) et d'autres expérimentateurs ont trouvé des résultats négatifs qui tiennent sans doute à quelques différences dans les conditions de l'expérience.

---

(1) *Photogr. Correspondenz*, mars 1896.

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 3 février 1896.

Il est certain que les radiations ultra-violettes contenues en forte proportion dans l'arc doivent très probablement traverser un certain nombre de corps opaques.

M. Moreau (1) a expérimenté sur l'aigrette d'une forte bobine actionnée par un courant moyen de 6 ampères ; l'aigrette était produite entre une pointe positive et un petit plateau ou une ou plusieurs autres pointes négatives. La plaque sensible était placée, avec l'objet à photographier (roue en aluminium de 1 millimètre d'épaisseur) à l'intérieur d'une boîte en carton complètement close. Celle-ci pouvait être disposée normalement ou parallèlement à l'effluve, et en être séparée par du carton ou une planche en bois de 5 millimètres d'épaisseur. Une première expérience, faite avec cinq aigrettes normales à la boîte, n'a rien donné de sensible. Six autres ont été faites avec une aigrette parallèle et ont donné des épreuves négatives absolument nettes et très intenses. Sur toutes se trouve un maximum d'effet à hauteur de l'aigrette. La durée de pose a varié entre une demi-heure et une heure. Une aigrette de machine électro-statique n'a produit aucun résultat.

Effets de la phosphorescence. — Le professeur Krippendorf (2) a placé, dans l'obscurité, un carton recouvert d'une substance phosphorescente (phosphore de Balmain) préalablement éclairée, sur le couvercle d'une cassette fermée qui contenait une plaque sensible ; après une action prolongée pendant dix heures, la plaque a montré la même impression que si elle avait été soumise à la lumière avec des parties blanches indiquant que les radiations avaient été arrêtées par quelque

---

(1) Comptes rendus de la Société française de photographie, 3 février 1896.
(2) *Gazette de Dresde*, 15 février 1896.

obstacle dans certaines directions. Comme conclusion, les rayons émis par une substance phosphorescente possèdent la propriété de traverser des corps qui paraissent opaques.

Après l'expérience de M. Ch. Henry (1) qui augmente l'effet photographique des rayons Röntgen au moyen du sulfure de zinc qu'ils rendent phosphorescent, M. Niewenglowski (2) reconnaît, au moyen d'un papier sensible, que le sulfure de calcium phosphorescent émet des radiations qui traversent les corps opaques.

Puis viennent les recherches de M. Henri Becquerel sur les sels d'urane.

Il démontre d'abord (3) que le sulfate double d'uranium et de potassium, en cristaux formant croûte mince et transparente, soumis aux rayons solaires, émet des radiations qui impressionnent la plaque photographique au travers du papier noir.

Il constate ensuite (4) que plusieurs feuilles de papier noir, une plaque d'aluminium, une mince feuille de cuivre n'absorbent que faiblement.

Radiations secondaires invisibles. — De plus, ces mêmes lamelles qui n'émettent plus de rayons visibles un centième de seconde après l'excitation par la lumière continuent dans l'obscurité à être la source de radiations produisant les mêmes effets photographiques.

Ces rayons invisibles (5) déchargent les corps électrisés à la façon des rayons Röntgen ; ils sont réfléchis et réfractés.

---

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 10 février 1896.

(2) *Ibid* , 17 février 1896.

(3) *Ibid.*, 24 février 1896.

(4) *Ibid.*, 2 mars 1896.

(5) *Ibid.*, 9 mars 1896.

D'autre part, les sulfures de calcium bleu et bleu verdâtre donnent une impression très énergique, après avoir été éclairés, sur une plaque enfermée dans un châssis négatif fermé par une plaque d'aluminium de 2 millimètres d'épaisseur ; la pose a duré quarante-trois heures.

M. Troost (1) place dans une boîte en carton une plaque sensible recouverte d'une feuille de papier et d'objets métalliques. Après fermeture, sur le dessus est posée une boîte métallique, munie d'un couvercle en verre, renfermant de la blende hexagonale. Cette substance a été rendue phosphorescente par la combustion d'un ruban de magnésium, puis le tout a été conservé dans l'obscurité ; la plaque, ensuite développée, a donné un négatif très vigoureux. Mais ce sulfure de zinc devient de moins en moins actif par des éclairages successifs (2).

M. H. Becquerel fait la même observation d'affaiblissement pour le sulfure de calcium.

Reprenant l'étude des sels d'urane, il signale (3) que leurs radiations invisibles traversent plus facilement la plupart des corps, et en particulier les métaux, que ne le fait le rayonnement du tube de Crookes.

Il constate (4) qu'elles conservent leur activité pendant des mois. De plus, si l'on expose au soleil, ou mieux à l'arc électrique ou à l'étincelle électrique, un fragment de ces sels maintenu à l'obscurité depuis quelque temps, l'émission de ces radiations est légèrement accrue, mais l'excitation tombe en quelques heures pour laisser le corps dans l'état précédent.

Comme tous les sels d'urane ont donné des résultats

(1) Comptes rendus de l'Académie des sciences, 9 mars 1896.

(2) *Ibid.*, 23 mars 1896.

(3) *Ibid.*, 30 mars 1896.

(4) *Ibid.*, 18 mai 1896.

comparables, M. H. Becquerel a été conduit à penser que l'effet était dû au métal. En opérant sur des fragments d'uranium que M. Moissan vient de préparer, il a trouvé que les effets sont beaucoup plus forts, aussi bien sur la plaque sensible que sur les corps électrisés.

Il est probable qu'on ne tardera pas à trouver d'autres substances jouissant de cette même propriété, et à relier entre elles toutes ces expériences, avec l'aide de la plaque photographique.

CHAPITRE VIII

Conservation et emploi des plaques
Précautions à prendre

L'exposé des chapitres précédents fait connaître un certain nombre d'actions nouvelles qui impressionnent le gélatino-bromure. Si ces actions constituent des ressources importantes pour les applications photographiques, plusieurs d'entre elles sont capables aussi de déterminer des voiles nuisibles, plus ou moins prononcés, lorsqu'elles se produisent à l'insu de l'opérateur ; et il est fort probable que c'est à elles qu'il faut attribuer bien des impressions accidentelles inexpliquées jusqu'ici.

L'étude de ces différentes causes donne des indications utiles sur les précautions qu'il convient de prendre dans la conservation et dans l'emploi des plaques, depuis le moment où elles sont empaquetées et enfermées dans des boîtes par le fabricant, jusqu'à l'instant où elles sont soumises au révélateur pour être transformées en clichés. Dans cet intervalle, nous avons à considérer leur séjour successif dans les boîtes, dans les châssis, dans les appareils, et enfin encore dans les boîtes après l'action de la lumière.

Parmi les causes d'impression, nous mettrons tout

d'abord de côté les rayons Röntgen, qui ne se rencontrent pas dans la nature ; c'est affaire de laboratoire, et l'on connaît d'ailleurs le moyen de s'en préserver par des écrans métalliques. Nous ne nous occuperons ici que d'abriter les plaques contre les influences qui peuvent se manifester dans la pratique courante de la photographie.

Emballage des plaques. — Un bon emballage doit protéger les plaques contre la lumière, l'humidité, et les émanations nuisibles.

Les boîtes de carton dans lesquelles les fabricants livrent les plaques remplissent en général cette condition multiple, tout au moins tant que la bande de papier qui recouvre et assure la fermeture n'a pas été coupée. Lorsque les boîtes sont entamées, la protection contre l'humidité et les émanations dépend alors surtout, le plus souvent, du papier qui emballe les plaques.

Si l'on emploie des boîtes métalliques, il sera bon d'éviter le zinc, en raison de l'énergie avec laquelle les vapeurs qui se dégagent de ce métal, même à la température ordinaire de nos régions, impressionnent les plaques (v. ch. I et VII). Le fer-blanc ne présente pas cet inconvénient.

Le papier est souvent traité par l'hyposulfite de soude, pour l'enlèvement des dernières traces de chlore ; cet hyposulfite est nuisible, car il peut amener la sulfuration des plaques (v. ch. Ier). En outre, l'encollage du papier, amidon ou gélatine, s'oxyde à la longue, et peut déterminer en même temps l'oxydation de la gélatine, d'où diminution de la sensibilité, comme nous l'avons vu pour l'action de l'encre (ch. I) ; et, cependant, l'encollage jouit de la propriété de diminuer la porosité du papier et s'oppose ainsi en partie à la pénétration de l'humidité et des gaz nuisibles qui peuvent exister accidentellement

dans l'air. Enfin, il faut encore tenir compte de ce fait que le papier, surtout blanc, est capable d'impressionner la plaque sensible lorsqu'il a été exposé à la lumière (v. ch. VI) ; cette action est beaucoup plus faible avec les papiers noirs, jaunes et rouges, et disparaît par un séjour dans l'obscurité ; mais, d'autre part, ces papiers colorés renferment des substances étrangères qui sont très capables de produire sur le gélatino-bromure des effets chimiques, et il est prudent de ne pas recourir à leur usage.

Tous ces inconvénients disparaissent par un traitement très simple du papier blanc, tel que le papier écolier. Je le plonge pendant cinq minutes dans une solution de bichromate de potasse à 3 p. 100, légèrement gommée ; puis, il est séché, exposé à la lumière solaire pendant quelques heures sur ses deux faces, ensuite lavé de façon à être complètement débarrassé de l'excédent de bichromate, lequel n'exerce d'ailleurs aucune action sur la plaque à sec. Dans ces conditions, le bichromate a oxydé, sous l'influence de la lumière, l'amidon ou la gélatine de l'encollage, et les a rendus insolubles en même temps que la gomme, en emprisonnant la matière inerte de l'oxyde de chrome formé ; les pores du papier sont bouchés, et celui-ci est devenu imperméable à l'humidité et aux gaz. De plus, il reçoit ainsi une teinte d'un gris jaunâtre qui est peu favorable à l'emmagasinement de la lumière et à son passage. Enfin, ce traitement a également pour résultat d'oxyder préalablement non seulement l'encollage, mais encore l'hyposulfite qui est transformé en sulfate, sans action sur les plaques.

Dans chaque paquet, il est bon de disposer les plaques gélatine contre gélatine, afin d'éviter les écorchures de la couche qui pourraient se produire par frottement contre les rugosités que porte souvent le dos des

plaques. Mais, d'autre part, la pression doit être évitée comme susceptible de produire un voile au développement (v. ch. III). On coiffe alors deux bords opposés de chaque plaque au moyen d'un papier plié qui sépare par une bande étroite les deux couches en regard. Le papier au bichromate est, là aussi, d'un emploi tout indiqué.

Châssis. — Le bois qui forme les volets des châssis n'est pas, à lui seul, une protection suffisante contre la lumière, surtout si ceux-ci sont soumis, même pendant peu de temps, aux rayons solaires directs (v. ch. VII) ; et cela, sans parler des défauts que le bois contient souvent, et qui donnent lieu à des fusées sur la plaque. Comme il n'est pas pratique d'augmenter l'épaisseur du bois des volets, en raison de l'encombrement et du poids, il est indispensable de coller de la toile cirée ou du papier noir sur toute la surface intérieure. Le carton peut être d'un bon service pour ces volets, au moins dans les petits formats, ainsi que le fer-blanc ; tous deux sont imperméables à la lumière et suffisamment compacts.

Appareils. — Les précautions à prendre contre l'entrée de la lumière dans les appareils et contre les reflets dus aux objectifs sont bien connues et je n'en parlerai pas ici. J'insisterai seulement encore sur l'inconvénient de l'usage du zinc. Si l'on tient cependant à l'utiliser, en raison de sa facilité d'emploi, il faudra se garder de le décaper, et le recouvrir d'un corps compact, par exemple de papier noir collé à la gomme, sans qu'aucune partie de la surface reste à nu. Cette recommandation s'applique surtout aux chambres à magasins, espaces clos dans lesquels les plaques sont exposées à séjourner quelquefois longtemps.

Il y a lieu aussi de se méfier de certains vernis ca-

pables de donner des vapeurs nuisibles aux plaques ; il est facile de reconnaître cette cause, lorsqu'elle existe, et d'y remédier.

Conservation des plaques impressionnées. — Les conditions de conservation indiquées plus haut pour la période qui précède l'exposition à la lumière doivent être réalisées de même au sortir de l'appareil en attendant le développement. Seulement, il existe en plus cette considération que certaines gélatines deviennent phosphorescentes à la lumière et conservent une activité capable d'impressionner la couche sensible en regard (v. ch. II) ; il ne s'agit là que d'un fait particulier, peu fréquent, mais il a été constaté, et encore faut-il s'assurer que les plaques dont on se sert n'y sont pas sujettes. S'il en était ainsi, il serait nécessaire de séparer les plaques par un écran, par exemple le papier bichromaté. Ce papier sera aussi d'un bon emploi pour emballer les plaques impressionnées et pour en isoler les bords. Sa préparation si facile est à la portée de tous et peut se faire longtemps d'avance pour un grand nombre de feuilles, puisque ce traitement a précisément l'inaltérabilité pour résultat. En conservant ces feuilles dans l'obscurité, on les mettra de plus à l'abri de toute trace d'emmagasinement de la lumière.

Dans tous les cas, on devra éviter avec le plus grand soin de mettre une plaque en contact avec un papier portant des caractères d'encre ordinaire ou d'imprimerie, en raison de l'action insensibilisatrice exercée par ces substances (v. ch. 1er).

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

ACTIONS CHIMIQUES

CHAPITRE II

ACTIONS LUMINEUSES

CHAPITRE III

ACTIONS CALORIFIQUES ET MÉCANIQUES

CHAPITRE IV

ACTIONS ÉLECTRIQUES

CHAPITRE V

RAYONS RÖNTGEN

CHAPITRE VI

EXPÉRIENCES DE NIEPCE DE SAINT-VICTOR
SUR L'EMMAGASINEMENT DE LA LUMIÈRE

CHAPITRE VII

PHOTOGRAPHIE DE L'INVISIBLE

CHAPITRE VIII

PRÉCAUTIONS A PRENDRE DANS LA CONSERVATION
ET L'EMPLOI DES PLAQUES

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY



GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS
3, RUE RACINE, PARIS

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

Paraissant le 15 et le 30 de chaque mois

PAR LIVRAISONS GRAND IN-8° COLOMBIER RICHEMENT ILLUSTRÉES

ABONNEMENT ANNUEL :

Paris, **20** fr.; Départements, **22** fr.; Union postale, **25** fr.

Lorsqu'il y a huit ans un Comité de Savants, d'Ingénieurs et d'Agronomes se constituait pour créer, sous la direction de M. Louis Olivier, la *Revue générale des Sciences*, nul ne pouvait prévoir le rapide essor réservé à cette grande publication, la place non seulement considérable, mais prépondérante, qu'elle allait bientôt prendre dans la littérature scientifique du monde entier, l'influence qu'elle exercerait, dans notre pays, sur la marche des sciences et l'application de leurs conquêtes à la vie pratique.

Groupant les forces scientifiques éparses sur le territoire de la France, attirant aussi à elle les savants de l'Étranger, la *Revue* entreprenait de faire concourir les efforts de tous à l'étude des grands problèmes scientifiques, agronomiques et industriels, que se pose la société contemporaine.

Tel a été le succès de ce programme qu'il est devenu aujourd'hui inutile d'y insister : la *Revue générale des Sciences* est actuellement répandue dans le monde entier,

ses services universellement appréciés, son autorité partout reconnue ; on peut dire, sans abuser des mots, qu'elle constitue véritablement une œuvre d'utilité publique.

Son domaine embrasse toutes les sciences, depuis les spéculations les plus élevées de la philosophie scientifique jusqu'au détail le plus précis de l'application. Signalant le progrès dès qu'il apparaît, elle suit, pas à pas, les travaux scientifiques depuis le laboratoire du savant, où les découvertes éclosent, jusqu'à l'usine, où l'ingénieur et l'industriel les mettent en œuvre.

Indiquons d'abord la composition de chaque livraison. Nous donnerons ensuite un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue*.

COMPOSITION

DE CHAQUE LIVRAISON DE LA REVUE

Chaque livraison comprend cinq parties :

1° *Une chronique ;*

2° *Plusieurs articles de fond ;*

3° *L'analyse critique des ouvrages récents ;*

4° *Les comptes rendus des travaux soumis aux Sociétés savantes de la France et de l'Étranger ;*

5° *Le relevé des articles récemment publiés par les principaux journaux scientifiques d'Europe et d'Amérique.*

I. Chronique. — Chaque livraison de la *Revue* débute par la *Chronique des événements scientifiques de la quinzaine écoulée.* Cette chronique se compose d'une série de petits articles, sortes de notes méthodique-

ment classées, qui indiquent, en tout ordre de science, les *faits d'actualité*. Visant surtout à *signaler les nouveautés* et à en donner une description exacte, ces notes sont, quand il y a lieu, illustrées de dessins, de gravures et de photographies. Elles sont envoyées à la *Revue* par une pléiade de savants dont chacun se charge de relever les inventions ou procédés nouveaux qui surgissent dans sa spécialité. Toutes sont signées, de telle sorte que le lecteur particulièrement intéressé puisse s'adresser à l'écrivain pour un supplément d'information.

II. Articles de fond. — La deuxième partie de la *Revue*, — de beaucoup la plus développée, — se compose des *articles de fond*, ordinairement au nombre de *quatre*. Ces articles ont pour objet principal d'exposer l'état actuel des *grandes questions scientifiques* à l'ordre du jour.

Il arrive souvent, en science, que tous les éléments requis pour résoudre un problème existent, sans qu'il y paraisse. La solution globale reste latente, inaperçue, tant que les solutions partielles, qui apportent chacune sa part de lumière, demeurent sans lien, disséminées de tous côtés. Il importe de les rapprocher pour arriver, en les additionnant, à la solution complète de la question. De telles synthèses, faites avec critique, sont infiniment précieuses pour le lecteur, qui n'a ni la compétence ni le loisir de colliger sur chaque sujet qui l'intéresse tous les Mémoires qui s'y rapportent. Le chimiste ne peut pas compulser tous les travaux des physiciens, aussi est-il bien aise de lire un article qui les résume. Et il en est ainsi de tous les lecteurs : quelle que soit la spécialité de chacun, tous désirent être *rapidement mis au courant* de la marche générale des sciences adjuvantes de la leur.

Se pourrait-il, d'ailleurs, qu'à une époque où la science pénètre si intimement la vie sociale, chacun restât indifférent aux découvertes qui surgissent en dehors du sillon où il cherche ? Les applications de l'Electricité, les Rayons X, les découvertes dont la glande thyroïde vient d'être l'objet, les tentatives récemment faites en vue de guérir la tuberculose et le cancer, touchent de trop près aux intérêts vitaux de l'humanité, pour ne pas susciter la curiosité universelle : elles s'imposent à l'examen de tous les esprits cultivés.

La *Revue générale des sciences* rend à ses lecteurs l'inappréciable service de leur donner d'*une façon méthodique* la *mise au point* de toutes ces grandes questions d'intérêt général. Chaque fois qu'une découverte importante vient d'être réalisée, à quelque science qu'elle se rapporte, la *Revue* prend soin de la décrire ; elle en expose l'*origine*, le *développement*, l'*état actuel*, la *portée* et les *applications*.

Des dessins, graphiques, cartes géographiques, gravures de toutes sortes et photogravures, dus aux meilleurs artistes, sont joints au texte toutes les fois que cela est utile à la clarté de la description.

C'est toujours aux auteurs mêmes des découvertes que la *Revue* a soin de demander ces articles. Elle s'adresse dans ce but aux savants de tous les pays, et c'est là l'un de ses traits les plus originaux. Toute la presse a rendu hommage à l'éclat d'une telle collaboration. Le *Journal de Saint-Pétersbourg* écrivait récemment à ce propos :

« ... Ce qui a valu à la *Revue générale des Sciences* un succès aussi général, c'est qu'elle recueille sa collaboration dans tous les grands centres de la production scientifique, aussi bien à la Société Royale de Londres qu'à l'Académie des Sciences de Paris ; aussi bien à Berlin, à Moscou, qu'à Philadelphie ou à Rome.

« Ayant des collaborateurs dans toutes les grandes villes de l'Europe, la *Revue* compte aussi dans toutes de nombreux lecteurs. Et ce ne sont pas seulement les savants, les professeurs, physiciens, chimistes, biologistes, etc., qui se font un devoir de la lire : elle a pénétré plus intimement dans la vie de notre société contemporaine ; c'est ainsi que, chez nous, par exemple, elle est consultée par tous ceux qui travaillent au progrès de la science et aussi par l'élite de nos ingénieurs et de nos industriels. Les hommes pratiques qui se préoccupent d'appliquer les résultats des recherches scientifiques, trouvent, en effet, dans la *Revue*, à côté du mouvement scientifique pur, — c'est-à-dire de l'exposé des découvertes et des doctrines qu'elles suscitent, — l'indication détaillée de toutes les nouveautés scientifiques susceptibles d'intéresser le spécialiste, le praticien, qu'il s'agisse de Médecine, d'Agriculture, d'Industrie ou de Commerce. Là surtout est le secret du succès de la *Revue générale des Sciences.* »

(Le *Journal de Saint-Pétersbourg* du 19 avril 1896.)

Le *Journal de Saint-Pétersbourg*, qui consacrait ces lignes à la *Revue* dans une étude sur le mouvement scientifique en Russie, soulignait, comme on vient de le voir, le haut intérêt de la série d'articles, également très appréciés en France, que la *Revue* fait paraître sur l'*état actuel et les besoins de nos grandes industries*.

Mais ces sujets, et ceux qui se rapportent à la science pure, ne sont pas les seuls que la *Revue* étudie : elle traite aussi, dans ses articles de fond, les questions de *Géographie économique*, en particulier les *questions coloniales*. En de telles matières, la Science a non seulement le droit, mais le devoir d'intervenir. C'est à elle de nous renseigner sur la salubrité de nos colonies, sur les richesses minérales, forestières ou culturales, qu'il est possible d'en tirer. La *Revue générale des Sciences* fait large place à ces études qui, à juste titre, passionnent aujourd'hui l'opinion.

III. Analyse critique des publications nouvelles. — Cette troisième partie de la *Revue* est consacrée à l'analyse détaillée et à la critique de tous les ouvrages importants récemment parus sur les sciences mathématiques, physiques et biologiques et sur les applications de ces sciences à l'Art de l'Ingénieur, à la Construction mécanique, à l'Agriculture, à l'Industrie, à l'Hygiène publique et à la Médecine.

Ces résumés sont assez détaillés pour dispenser le plus souvent le lecteur de se reporter aux ouvrages originaux.

Toutes ces analyses bibliographiques sont faites par des *spécialistes* et signées de leurs noms.

IV. Comptes rendus des Académies et Sociétés savantes. — Cette quatrième partie de la *Revue* expose les travaux présentés aux principales Académies et Sociétés savantes de la France et de l'Etranger :

Académie des Sciences de Paris ;
Académie de Médecine ;
Société de Biologie ;
Société française de Physique ;
Société Chimique de Paris ;
Société Royale de Londres ;
Société de Physique de Londres ;
Société de Chimie de Londres ;
Société Royale d'Edimbourg ;
Société anglaise des Industries chimiques ;
Académie des Sciences d'Amsterdam ;
Etc., etc...

La *Revue* a tenu à publier, dès leur apparition, l'analyse détaillée des travaux soumis aux principales sociétés savantes de l'Étranger. Dans ce but elle a organisé, avec le concours de certains de leurs membres, un *service régulier de correspondance*. Les comptes rendus que la

Revue reçoit de ces savants offrent d'autant plus d'intérêt que les bulletins de la plupart des Sociétés de l'Etranger ne paraissent que très longtemps, quelquefois un an, après les séances. En donnant par anticipation un résumé détaillé de ces travaux, la *Revue* rend à tous les chercheurs un service inestimable.

V. Relevé des sommaires des journaux scientifiques de la France et de l'Etranger. — Dans un *Supplément* qui accompagne toutes ses livraisons, la *Revue générale des Sciences* publie la liste de tous les articles originaux récemment parus dans les principaux journaux scientifiques du monde entier. Les sommaires d'environ 200 de ces périodiques sont ainsi relevés ; les titres de tous leurs articles sont cités *en français*, avec la mention du nom de l'auteur et de la date de la publication du fascicule qui les contient. Plus de quatre cents articles ou mémoires sont ainsi cités dans chaque livraison.

Ce vaste répertoire de la production scientifique actuelle est infiniment précieux aux travailleurs qui, grâce au mode de classement adopté, trouvent tout de suite, dans le relevé des périodiques, l'ordre de science qui les intéresse.

Comme on le voit, ces cinq parties de la *Revue*, régulièrement représentées dans chaque livraison, sont disposées de telle sorte, que l'ENSEMBLE DE LA PRODUCTION SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE se trouve revisé, d'une part avec assez de détail pour qu'aucun travail de valeur n'échappe au spécialiste intéressé, d'autre part avec assez d'ampleur, de critique et de méthode, pour fixer nettement dans l'esprit du lecteur l'*état précis du progrès théorique et pratique en chaque science.*

Tous ceux qui, à des titres divers, s'y intéressent, — savants, hommes de laboratoire, professeurs, chimistes, médecins, ingénieurs, agronomes, industriels, gens du monde curieux des choses de l'esprit, — trouvent dans la *Revue générale des Sciences* le TABLEAU COMPLET DU MOUVEMENT SCIENTIFIQUE ACTUEL.

Voici un aperçu des principaux sujets récemment traités dans la *Revue* :

PRINCIPAUX SUJETS

RÉCEMMENT TRAITÉS DANS LA REVUE

Ces sujets sont relatifs : 1° à la *Science pure ;* 2° à l'*Industrie ;* 3° à l'*Agronomie ;* 4° à la *Géographie économique.*

I. — Science pure.

Les articles consacrés à ces sujets portent sur toutes les sciences ; ils insistent particulièrement sur celles où des tendances nouvelles se font jour ; et ils s'attachent à montrer, en chacune, l'orientation actuelle des recherches, les voies où les travaux en cours se trouvent engagés.

Les *Mathématiques* ne sont traitées que dans la mesure où il est possible de les exposer sans calculs. Dans ces sciences, ce sont les *idées*, et non pas les formules, que la *Revue* s'applique à indiquer.

En *Physique*, ce sont les faits d'observation et d'expérience conduisant à des conceptions nouvelles, qui ont naturellement la plus large part. L'*Optique* et l'*Electricité*, dont les théories se trouvent comme renouvelées à la suite des travaux de Hertz, de Lénard et de Rœntgen, notamment l'Electricité, si féconde en applications de toutes sortes, sont, dans la *Revue*, l'objet de nombreuses études. Il n'est guère de livraison de ce recueil qui ne leur consacre, sinon un article développé, tout au moins quelques notices très substantielles.

Une autre branche de la Physique, qui a pris, dans notre société, une importance exceptionnelle, la *Photographie*, est aussi, comme il convient, largement représentée. De nombreux articles dus aux spécialistes les plus éminents lui sont régulièrement consacrés.

La *Chimie physique*, science toute d'actualité ; la *Chimie minérale*, à laquelle semblent revenir beaucoup de chercheurs ; la *Chimie organique*, dont le domaine ne cesse de s'étendre ; la *Chimie physiologique*, si utile au biologiste et au médecin, occupent, dans la *Revue*, la grande place à laquelle l'intérêt philosophique de leurs doctrines et l'importance de leurs applications leur donnent droit.

La *Géologie*, actuellement en pleine évolution, les sciences biologiques, la *Physiologie* des plantes, des Animaux et de l'Homme, la *Médecine* et l'*Hygiène*, objets de tant de progrès, voient toutes leurs doctrines, toutes leurs conquêtes soigneusement exposées dans la *Revue générale des Sciences*.

Sous l'influence des travaux de laboratoire, la Pathologie subit une véritable révolution. La *Revue* s'attache à bien marquer le caractère de cette métamorphose. Elle a soin de décrire toutes les nouveautés, toutes les découvertes qui se produisent dans le vaste champ des

sciences médicales, qu'il s'agisse de *Médecine* ou de *Chirurgie*, de neuro-pathologie, de maladie organique ou d'infection virulente.

En *Hygiène*, les questions à l'ordre du jour relatives à l'hygiène infantile, à l'étiologie des maladies épidémiques ou endémiques, aux mesures préventives destinées à combattre ces fléaux, sont décrites en détail. La *Revue* expose aussi les conventions internationales, les grandes entreprises publiques, les travaux d'amenée d'eau et d'assainissement dont se préoccupent les Gouvernements, les grandes agglomérations urbaines, les autorités régionales et locales.

Voici, à titre de **spécimens**, quelques-uns des articles que la *Revue* a récemment consacrés à ces questions :

1. Les Bactéries fossiles et leur œuvre géologique	**M. Bernard Renault** Assistant au Muséum.
2. Le Laboratoire Cryogène de Leyde.	**M. Emile Mathias** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Toulouse.
3. La Fluoroscopie.	**M. M.-C. Gariel** Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
4. Le principe de l'évolution et la controverse entre Herbert Spencer et Lord Salisbury.	**M. Edmond Perrier** de l'Académie des Sciences.
5. Les récentes études sur les Faunes les plus anciennes	**M. J. Bergeron** Sous-Directeur du Laboratoire de Géologie à la Sorbonne.
6. La reproduction du mouvement en Photographie, d'après les expériences de MM. A. et L. Lumière a la *Revue générale des Sciences*.	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
7. Les nouveautés dans la Photographie des couleurs	**MM. A. et L. Lumière**

8. La nature de l'Argon	**Lord Rayleigh** de la Société Royale de Londres. **M. William Ramsay** de la Société Royale de Londres.
9. Une nouvelle classe de Composés du Chrome. Les découvertes de M. Recoura	**M. Guichard**
10. Le régime de la Sardine	**M. Fabre-Domergue** Directeur du Laboratoire de zoologie maritime de Concarneau.
11. La structure des Balkans	**M. A. de Lapparent**
12. Les Rayons X.	**M. W. Rœntgen** Professeur de Physique à l'Université de Wurtzbourg.
13. Les Rayons Cathodiques et les Rayons Rœntgen.	**M. H. Poincaré** de l'Académie des Sciences.
14. Expériences sur les Rayons X . .	**Lord Kelvin** Ancien Président de la Société Royale de Londres.
15. La Technique et les récentes applications de la Photographie de l'Invisible	**M. C. Raveau** Chef des travaux du Laboratoire de Physique a la Sorbonne. **M. G. Meslin** Professeur de Physique à la Faculté des Sciences de Montpellier.
16. Radiographie du corps entier d'un enfant	**Dr A. Imbert** Professeur de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier. **Dr Bertin-Sans** Assistant de Physique biologique à la Faculté de Médecine de Montpellier.
17. La détermination du Sexe	**M. L. Cuénot** Chargé de cours de Zoologie à la Faculté des Sciences de Nancy.
18. Les idées de M. Yves Delage sur les grands problèmes de la Biologie générale	**M. G.-C. Bourne** Fellow de New-College (Oxford).
19. L'état actuel de nos connaissances sur les Venins	**M. C. Phisalix** Assistant au Muséum.
20. Le Sérum anti-pesteux du Docteur Yersin.	**M. C. Huart** Consul de France à Canton.

21. Les récentes découvertes sur la Fonction Thyroïdienne.	**Dr Allyre-Chassevant** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
22. Les Humeurs et les Organes antitoxiques	**Dr A. Charrin** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
23. Les Infections non bactériennes.	**Dr H. Roger** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.
24. Les Injections de Sérum artificiel	**M. Maurice Fontoynont** Interne des Hôpitaux.

Indépendamment de ces études qui se succèdent, dans la *Revue*, selon les exigences de l'actualité, ses livraisons du 30 de chaque mois renferment chacune un grand article consacré à la revision des récents progrès d'une science particulière. Exemples :

1. Revision annuelle des progrès de l'Astronomie	**M. F. Tisserand** Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Paris. **M. J. Janssen** Membre de l'Académie des Sciences. Directeur de l'Observatoire de Meudon.
2. Revision annuelle des progrès de la Physique	**M. M.-C. Gariel** Professeur de Physique à la Faculté de Médecine de Paris.
3. Revision annuelle des progrès de la Chimie pure.	**M. A. Etard** Répétiteur de Chimie à l'Ecole Polytechnique.
4. Revision annuelle des progrès de la Géologie	**M. Emile Haug** Chef des Travaux de Géologie à la Faculté des Sciences de Paris.
5. Revision annuelle des progrès de la Botanique.	**M. L. Mangin** Professeur au Lycée Louis-le-Grand.
6. Revision annuelle des progrès de la Zoologie	**M. R. Kœhler** Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

7. Revision annuelle des progrès de l'Anatomie.	**M. H. Beauregard** Assistant au Muséum.
8. Revision annuelle des progrès de l'Hygiène. . . . . , ...	**M. P. Langlois** Chef des Travaux de Physiologie à la Faculté de Médecine de Paris. **M. L. Olivier** Docteur ès sciences.
9. Revision annuelle des progrès de la Chirurgie	**M. H. Hartmann** Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Chirurgien des Hôpitaux.
10. Revision annuelle des progrès de la Médecine.	**M. A. Létienne**

Ces grandes études résument avec le plus grand soin les acquisitions des diverses sciences, en précisent l'état actuel, et permettent d'apprécier, en chacune, le sens et l'importance du progrès.

II. — Industrie.

Dans presque toutes ses livraisons la *Revue* consacre une étude à une récente application de la science soit à la *Mécanique*, soit à l'*Art de l'Ingénieur*, soit à la *Métallurgie*, soit à quelqu'une de nos *grandes industries chimiques*.

Voici plusieurs **spécimens** de ces articles :

1. Les récents progrès de la Construction navale aux États-Unis.	**M. Croneau.** Professeur à l'École d'Application du Génie maritime.
2. Les nouveaux Toueurs a adhérence magnétique.	**M. E. Avril** Ingénieur civil.
3. Les nouveautés dans la Grande Industrie Chimique	**M. L. Pigeon** Prof. à la Faculté des Sciences de Dijon.
4. Les nouvelles expériences de M. Donkin sur la marche économique de la Machine a Vapeur .	**M. V. Dwelshauvers** Professeur de Mécanique à l'Université de Liège.

5. La surchauffe de la Vapeur dans l'Industrie. — **M. Aimé Witz**, Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

6. La fabrication des Extraits tannants. — **M. Ferdinand Jean**, Ancien chimiste de la Bourse du Commerce.

7. Les récents progrès de la Fermentation alcoolique industrielle. — **M. Lucien Lévy**, Professeur à l'Ecole des Industries agricoles de Douai.

8. L'Analyse commerciale des matières soumises à l'impôt. — **M. F. Dupont**, Secrétaire général de l'Association des Chimistes de Sucrerie.

9. Un nouveau système de Traction électrique : le Tramway Claret-Wuilleumier. — **M. P. Lauriol**, Ingénieur des ponts et chaussées.

10. L'application des Courants triphasés dans les Sucreries et les Raffineries. — **M. D. Korda**, Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.

11. La loi de variation de la Force électromotrice appliquée à un Alternateur en influence-t-elle le rendement ? — **M. A. Gay**, Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

12. Les Torpilleurs sous-marins. — **M. Pesse**, Ingénieur des Arts et Manufactures.

13. Les récents perfectionnements du Phonographe. — **M. G. Lavergue**, Ingénieur civil des Mines.

14. L'Electro-Chimie de l'Aluminium et des Carbures métalliques. — **M. D. Korda**, Ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille.

15. La Stérilisation de l'Eau par l'Ozone. — **Dr J. Répin**, Attaché à l'Institut Pasteur.

16. Le Concours de la Ville de Paris pour la Stérilisation des eaux de rivière destinées à la Boisson. — **M. P. Lauriol**, Ingénieur des ponts et chaussées.

17. L'influence du froid sur les qualités des Métaux en Mécanique. — **M. E. Demenge**, Ingénieur des ponts et chaussées.

18. Le Comparateur du Ct Hartmann pour mesurer la dilatation des Métaux. — **M. G. Charpy**, Docteur ès sciences.

19. Sur quelques progrès de la Photographie pratique. — **M. E. Silz**

Il convient aussi d'appeler l'attention sur une autre classe d'articles industriels, dont la *Revue* a conçu le programme et dont elle poursuit, depuis un an, la publication régulière. Nous voulons parler des MONOGRAPHIES qu'elle consacre à l'ÉTAT ACTUEL DES GRANDES INDUSTRIES.

Chaque grande industrie [1] est, dans la *Revue*, l'objet d'une monographie détaillée, due à un CHIMISTE, à un INGÉNIEUR notoirement compétent, ou à un MANUFACTURIER ayant conquis, dans la défense des intérêts *généraux* de l'industrie qu'il exerce, une éclatante autorité.

Ces monographies industrielles s'attachent à bien mettre en évidence dans chaque cas :

1° L'*application des méthodes scientifiques au perfectionnement des procédés de fabrication* ;

2° Le *régime économique*, notamment les résultats des dernières lois de douane ;

3° Les *conditions sociales du travail.*

Ces grands articles indiquent, pour chaque industrie, les conditions dans lesquelles elle s'est développée, les causes de son essor, son état actuel, l'outillage qu'elle exige, le détail des opérations qu'elle requiert, la façon dont la science y intervient, les problèmes que celle-ci a successivement résolus et ceux dont on doit lui demander la solution. On y trouve aussi, très soigneusement exposé, avec *cartes et diagrammes* à l'appui, tout ce qui concerne la répartition et l'expansion géographique de l'industrie considérée, ses débou-

[1] C'est à dessein que nous disons « une industrie » et non pas un établissement industriel, une usine. La *Revue* ne consacre JAMAIS un article à la description d'une manufacture, entreprise privée d'un industriel ou d'une compagnie. Elle traite, ce qui est bien différent, de chaque industrie, considérée *dans son ensemble.*

chés, son importance comme élément de la richesse publique, ses statistiques, les cours de ses matières premières et de ses produits, les fluctuations de sa prospérité en rapport avec les régimes économiques qui lui ont été imposés, ses besoins actuels, les dispositions législatives qu'elle réclame, l'aide que ses syndicats lui apportent, la façon dont le travail manuel y est organisé et rémunéré, les dispositions prises pour ou par les ouvriers en vue d'assurer leur bien-être, enfin la comparaison de l'état de la même industrie en France et à l'Étranger.

Ces grandes monographies permettent au lecteur de se faire une idée exacte des FORCES INDUSTRIELLES de notre pays ; elles fournissent à l'*Économiste* et au *Législateur* des éléments d'appréciation qui leur font défaut aujourd'hui et devraient cependant être à la base de tous leurs travaux ; elles appellent l'attention du *Savant* sur les questions techniques qui sollicitent son concours ; elles donnent au *Praticien* la vue élevée des choses de son métier, au *Commerçant*, au *Financier*, à l'*Administrateur* les moyens d'apprécier sainement la valeur des entreprises qui les intéressent.

Voici les sujets traités dans les diverses monographies industrielles déjà parues dans la *Revue :*

L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES PÊCHES MARITIMES EN FRANCE	**M. G. Roché** Inspecteur principal des Pêches maritimes.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE SUCRIÈRE EN FRANCE	**M. E. Urbain** Chimiste de Sucrerie. **M. L. Lindet** Professeur de Technologie à l'Institut Agronomique.
L'ÉTAT ACTUEL DE L'INDUSTRIE DES CHAUX HYDRAULIQUES ET DES CIMENTS EN FRANCE	**M. E. Candlot.**

L'Industrie des Suifs comestibles et industriels	**M. F. Jean.** **M. J. Jean** Chimistes industriels.
L'état actuel de l'Industrie de l'Acide sulfurique	**M. E. Sorel** Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'état actuel du Travail du Fer et de l'Acier	**M. E. Demenge** Ingénieur civil.
L'état actuel de l'Industrie des Phosphates et Superphosphates en France.	**M. E. Sorel** Professeur suppléant au Conservatoire des Arts et Métiers.
L'état actuel de la Verrerie et de la Cristallerie en France	**M. E. Damour** Ancien Ingénieur de la Verrerie de Folembray. **M. G. Guéroult** Ancien Sous-Directeur des Cristalleries de Baccarat.
L'état actuel de l'Industrie des Eaux-de-Vie et Liqueurs en France.	**M. X. Rocques** Ancien Chimiste principal du Laboratoire municipal de Paris.
L'état actuel de la Fabrication de la Fonte en France	**M. A. Pourcel** Ancien chef de Service des Hauts-Fourneaux et Aciéries de Terrenoire.
L'état actuel de la Navigation intérieure en France	**M. A. de Bovet** Directeur de la Compagnie de Touage de la Basse-Seine et de l'Oise.
L'état actuel de la Féculerie en France.	**M. L. Laze** Ingénieur-chimiste.

III. — Agronomie.

Les applications des Sciences à l'Agriculture sont exposées dans la *Revue* par les agronomes les plus éminents de notre pays.

Tous les ans M. P.-P. Dehérain, de l'Académie des Sciences, professeur au Muséum et à l'École nationale d'Agriculture de Grignon, traite, en un grand article, des progrès agronomiques accomplis depuis un an.

Mais, toute l'année, à mesure que se produisent d'intéressantes nouveautés, divers spécialistes les font connaître aux lecteurs. Ceux-ci se trouvent ainsi constamment tenus au courant du mouvement agronomique actuel, comme le montrent les articles suivants récemment parus :

1. La lutte actuelle contre le Black Rot.	**M. D. Zolla** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
2. Les Cartes agronomiques communales	**M. A. Carnot** Membre de l'Académie des Sciences, Inspecteur en chef des Mines.
3. La Laiterie moderne et l'Industrie du Lait concentré	**M. R. Lezé** Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Grignon.
4. Un Nouveau Système de Drainage.	**M. E. Risler** Directeur de l'Institut Agronomique. **M. G. Wéry** Directeur des Etudes à l'Institut Agronomique.
5. Les Moteurs a Pétrole en Agriculture	**M. A. Gay** Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

Comme pour nos industries, la *Revue* a voulu aussi consacrer à chacune de nos grandes cultures une monographie particulière.

Voici quelques exemples de ces monographies agricoles :

L'état actuel de la Culture des Plantes ornementales en Algérie. . . .	**M. H. Rivière** Directeur du Jardin d'Essai du Hamma, à Alger.
L'état actuel de la Culture de la Betterave en France	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais. **M. L. Malpeaux** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais
L'état actuel de l'Apiculture en France.	**M. R. Hommel** Professeur spécial d'Agriculture du Puy-de-Dôme.

L'état actuel de l'Aviculture en France.	**M. C. Voitellier** Professeur départemental d'Agriculture à Meaux.
L'état actuel de la Vinification en France.	**M. L. Roos** Directeur de la Station Œnologique de l'Hérault.
L'état actuel de la Vinification en Algérie	**M. J. Dugast** Directeur de la Station Agronomique d'Alger.
L'état actuel de la Culture de l'Orge de brasserie et du Houblon en France.	**M. A. Larbalétrier** Professeur à l'Ecole d'Agriculture du Pas-de-Calais.

IV. — Géographie économique.

La *Revue* s'applique, enfin, à faire connaître le progrès de l'exploration et de la colonisation, l'état actuel de nos possessions et des pays soumis à notre Protectorat. Sur ces sujets elle a notamment publié :

Le Protectorat de la France en Tunisie . . . . , ...	**M. E. Levasseur** Membre de l'Institut.
Les Anglais a Zanzibar	**M. H. Dehérain** Professeur à l'Ecole Monge.
Le Congo français	**M. J. Deloncle** Sous-Directeur au Ministère des Colonies.
Les Produits végétaux du Congo français	**M. L. Lecomte** Explorateur au Congo.
La Géologie et les Mines du bassin du Niari	**M. M. Bertrand** Professeur de Géologie à l'Ecole Supérieure des Mines.
Création d'une Voie de communication du Stanley-Pool a la Mer.	**M. A. Cornille** Capitaine du Génie. **M. J. Goudard** Capitaine du Génie.
Le Soudan français . . . . L'Expansion française en Afrique . .	**M. XXX**
Les Conditions sanitaires de l'Afrique intertropicale	**Dr G. Treille** Directeur de la Santé aux Colonies.

Les Hovas de Madagascar.	**M. A. Grandidier** Membre de l'Institut.
L'État du commerce a Madagascar et l'avenir économique de l'ile. . . .	**M. G. Foucart** Chargé de missions à Madagascar.

Spécialement sur la Tunisie, la *Revue* a publié :

1. La Nature Tunisienne.	**M. Marcel Dubois** Professeur de Géographie coloniale à la Sorbonne.
2. Les grandes Étapes de la Civilisation en Tunisie.	**M. G. Boissier** Secrétaire perpétuel de l'Académie française.
3. Les grands Travaux d'Art et les Aménagements agricoles des Romains en Tunisie.	**M. F. Gauckler** Directeur du Service des Antiquités et des Arts de la Régence de Tunis
4. La Population et les Races en Tunisie	**M. J. Bertholon** Médecin à Tunis.
5. L'aspect de la Civilisation indigène actuelle en Tunisie. . . .	**M. G. Deschamps** Ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure et de l'Ecole d'Athènes.
6. Les conditions sanitaires et l'hygiène en Tunisie	**M. A. Loir** Directeur de l'Institut Pasteur de Tunis.
7. La Géologie, les Carrières et les Mines en Tunisie	**M. E. Haug** Chef des Travaux pratiques de Géologie à la Sorbonne. **M. R. Cagnat** Professeur au Collège de France. Membre de l'Institut. **M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
8. Les Forêts et la question du reboisement en Tunisie.	**M. G. Loth** Professeur au Lycée Carnot à Tunis.
9. L'Acclimatation végétale en Tunisie	**M. M. Cornu** Professeur au Muséum.
10. L'Agriculture en Tunisie	**M. L. Grandeau** Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Nancy.

11. La culture de l'Olivier en Tunisie.	**M. de Lespinasse-Langeac** Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie.
12. Les conditions économiques et sociales de la colonisation agricole en Tunisie	**M. J. Chailley-Bert** Secrétaire général de l'Union Coloniale française.
13. Les Industries des Indigènes en Tunisie	**M. J. Fleury** Chef de Bureau de S. M. le Bey.
14. Les Industries des Européens en Tunisie	**M. Robert** Vice-Président de la Chambre mixte de Commerce et d'Agriculture du Sud de la Tunisie. **M. X. Rocques** Chimiste-conseil du Domaine de Potinville. **M. J. Deiss** Membre de la Chambre de Commerce de Marseille.
15. Les rapports de la Tunisie avec le marché européen	**M. G. Wolfrom** Attaché à la Résidence générale, à Tunis.
16. Les relations commerciales de la Tunisie avec le Sahara et le Soudan	**M. le Lt-Cl Rébillet** Chef de la Maison militaire de M. le Résident général, à Tunis.
17. Les Travaux publics de la Régence.	**M. E. de Fages** Ingénieur des ponts et chaussées de la Régence.
18. L'état actuel des Services scientifiques et de l'Instruction publique en Tunisie.	**M. R. Versini** Professeur au Lycée d'Aix
19. La Statistique de la Tunisie. . .	**M. V. Turquan** Directeur de la Statistique au Ministère du Commerce.
20. L'Œuvre administrative de la France en Tunisie	**M. E. Levasseur** Membre de l'Académie des Sciences morales et politiques.

APPRÉCIATIONS DE LA PRESSE

SUR LA « REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES »

Les articles de la *Revue,* — précisément parce qu'ils apportent des *arguments et des faits d'ordre scientifique* à la discussion des questions d'intérêt général, — sont souvent cités au cours des débats parlementaires ; les feuilles politiques leur font de fréquents emprunts et ont ainsi l'occasion de leur rendre hommage.

Nous ne rapporterons pas ici les appréciations élogieuses que les grands journaux de Paris (*le Temps, les Débats, le Gaulois, le Figaro, le Monde,* etc...), des Départements (plus de 300), et de l'Etranger (*Times,* plus de 200 périodiques, etc...), — ont, en bien des circonstances, émises sur la *Revue.* Contentons-nous de reproduire l'article suivant, dans lequel le *Journal des Débats* juge ainsi l'œuvre de la *Revue générale des Sciences :*

« La science a cessé d'être le domaine de quelques-uns. Elle pénètre notre existence, et nul homme du monde ne peut s'affranchir de la nécessité de se tenir au courant de ses découvertes et de ses progrès.

« Aussi a-t-on vu se multiplier, en ces dernières années, les journaux dits « scientifiques ». Le nombre de ces feuilles démontre qu'un nouveau besoin est né dans l'esprit public, qu'une curiosité s'est ouverte à ce qui, naguère encore, paraissait un mystère interdit à la foule.

« Il s'en faut, cependant, que toutes ces publications méritent créance. La plupart n'ont de scientifique que le nom. Comme si elles avaient peur d'effrayer leurs lecteurs en les initiant vraiment à la science, elles croient faire assez en leur donnant chaque

semaine, à côté de vagues dissertations sans conclusion, quelques recettes d'hygiène, de photographie, d'électricité usuelle, ou encore des statistiques incohérentes ayant une fois pour objet le nombre de kilomètres parcourus en un jour par tous les vélocipédistes du monde entier, une autre fois la quantité de becs de gaz par groupe de dix mille habitants dans les principales villes de l'Europe.

« Une seule revue a, depuis six ans, trouvé le moyen de rester constamment scientifique, dans le sens le plus élevé du terme, tout en se maintenant pratique et accessible à tous les esprits cultivés : c'est la *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, couramment appelée la « *Revue Verte* ».

« Le domaine de cette Revue est des plus vastes : c'est, en réalité, celui de la science tout entière, méthodiquement étudiée et considérée depuis ses principes jusqu'au détail de ses applications.

« Un tel programme n'est réalisable qu'avec une direction sans cesse en éveil et bien consciente de son rôle. Il ne faut pas croire, en effet, que, pour faire une Revue, il suffise d'imprimer bout à bout des articles, mêmes savants, recueillis au hasard des rencontres. Il faut choisir, dans chaque département de la Science, les sujets à traiter et, pour chacun d'eux, l'écrivain le plus autorisé. Il faut, en outre, combiner ces articles de telle sorte que, dans chaque Science, leur ensemble donne au lecteur le tableau complet des progrès récents, l'exacte mise au point des questions à l'ordre du jour.

« Or, dans la *Revue générale des Sciences*, — et c'est là un trait qui la distingue entre toutes, — ce souci de la méthode et de l'équilibre se sent à chaque page. L'étendue de chaque article est proportionnée à l'importance et à l'actualité du sujet ; et, quelle que soit la question traitée, elle est toujours exposée par un spécialiste hautement compétent.

« Aussi ce recueil est-il devenu, non seulement en France, mais dans le monde, le trait d'union des savants et du public. Chaque fois qu'ils ont une découverte à exposer, une communication d'intérêt général à présenter, c'est à la *Revue Verte* que recourent les maîtres de la science : les Bouchard, Lippmann, Milne-Edwards, Grandidier, Cornu, Marey, Poincaré, Bertrand, Berthelot, Dehérain, Janssen, Crookes, Ramsay, Ostwald, Rœntgen, etc., etc.

« A côté des articles de ces savants, — qui tiennent ses lecteurs

au courant de tous les faits d'ordre scientifique qu'un homme instruit doit connaître, — la *Revue* fait large part aux préoccupations pratiques de la société moderne. C'est ainsi qu'elle accorde un développement particulier aux questions agronomiques, industrielles et coloniales.

« Il serait superflu de rappeler, à ce propos, l'importance de l'enquête qu'elle a instituée pour faire connaître l'état actuel et les besoins de nos grandes industries urbaines et rurales. Ses monographies agricoles et industrielles ne sont pas seulement précieuses aux praticiens : elles attirent actuellement l'attention de tous ceux qui se préoccupent des destinées de notre pays.

« C'est pour répondre à la même patriotique curiosité que la *Revue* a entrepris de faire paraître une série d'articles sur la géographie, les ressources minérales, forestières, culturales et commerciales de nos possessions d'outre-mer. On sait, notamment, avec quelle faveur a été accueillie, dans le monde entier la livraison de la *Revue* consacrée à « *Ce qu'il faut connaître de Madagascar* ».

« Cette riche variété d'études, savamment associées, de façon à tenir le public au courant de tout le mouvement scientifique contemporain, a concilié à la *Revue générale des Sciences* les sympathies du public instruit ; et c'est un signe heureux que, dans notre démocratie, un recueil de haute science obtienne le succès en intervenant aussi directement dans les affaires de notre pays. »

(Extrait du *Journal des Débats* du 4 mars 1896.)

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

PARAISSANT LE SAMEDI

DIRECTEUR SCIENTIFIQUE : J. BLONDIN

ABONNEMENTS

FRANCE et ALGÉRIE : 50 francs. — UNION POSTALE : 60 francs.

Les abonnements partent du commencement de chaque trimestre.

Prix du Numéro : 1 Franc.

Lorsqu'en septembre 1894 *La Lumière Electrique* cessa brusquement de paraître, l'émoi fut grand parmi tous ceux, savants et industriels, qui s'occupent d'électricité. C'était, en effet, un recueil universellement apprécié, dont la collection constitue aujourd'hui une sorte d'encyclopédie de la Science électrique et de ses applications, où tous les faits nouveaux, toutes les découvertes récentes se trouvent consignés et étudiés avec les développements qu'ils comportent.

Combler le vide laissé dans la Presse scientifique par la disparition de cet important organe s'imposait. C'est dans ce but que, groupant les principaux collaborateurs de ce recueil et y adjoignant des éléments nouveaux en vue d'accentuer son double caractère industriel et scientifique, **L'Éclairage Électrique** a été fondé. Publié sous le même format, avec la même périodicité, aussi largement illustré que *La Lumière Électrique*, **L'Éclairage Électrique**, qui paraît régulièrement depuis le 15 septembre 1894, a su conserver, et même, suivant

d'aucuns, dépasser le rang qu'avait atteint son prédécesseur.

COMPOSITION DE CHAQUE NUMÉRO

Chaque numéro comprend cinq parties :

1° *Articles de fond.*
2° *Revue industrielle et des inventions.*
3° *Revue des Sociétés savantes et des publications scientifiques.*
4° *Bibliographie.*
5° *Chronique.*

I. **Articles de fond.** — Les articles de fond, généralement au nombre de quatre, se composent d'*articles originaux, de revues critiques et de descriptions d'usines, d'installations et de matériel.*

Les *articles originaux*, dus à la plume des savants les plus illustres et des ingénieurs les plus distingués, sont de beaucoup les plus nombreux et les plus développés. Les questions les plus complexes de l'électricité pure, aussi bien que les problèmes les plus ardus de l'art de l'ingénieur électricien y sont traités avec ampleur ; en outre, une place est accordée aux questions qui, sans être absolument du domaine de l'électricité, comme celles de l'optique et, dans un autre ordre d'idées, les questions relatives aux moteurs hydrauliques et thermiques, s'y rattachent assez étroitement pour présenter quelque intérêt aux savants et aux industriels.

Les *revues critiques* ont pour objet de remettre sous les yeux du lecteur, à l'occasion de quelque nouvelle

découverte, l'ensemble des travaux effectués dans une des parties du domaine si vaste de l'électricité ; toujours confiées à un savant ou à un praticien au courant de la question, ces revues ont pour le lecteur l'inappréciable avantage de le dispenser d'aller chercher dans d'innombrables publications les mémoires originaux qui l'intéressent.

Les *descriptions d'usines, d'installations et de matériel*, généralement faites par les ingénieurs chargés de leur exécution ou en mesure de les étudier avec soin, sont toujours illustrées avec la plus grande profusion.

II. **Revue industrielle et des inventions.** — Dans cette seconde partie, **L'Éclairage Électrique** donne l'analyse des principaux articles publiés dans les *journaux français et étrangers*, des communications faites aux *Sociétés techniques* et des *Brevets d'invention*. Ces analyses, faites avec le plus grand soin et le plus rapidement possible, tiennent chaque semaine les ingénieurs au courant des questions qui les intéressent.

III. **Revue des Sociétés savantes et de la presse scientifique.** — Cette troisième partie rend aux savants les mêmes services que la précédente aux industriels ; elle est consacrée à l'analyse détaillée des mémoires présentés aux diverses *Académies et Sociétés savantes* ou publiés dans les principaux *Recueils scientifiques* du monde entier. Grâce à la compétence des collaborateurs qui en sont chargés, grâce aussi au soin et à la scrupuleuse exactitude qu'ils apportent à ce travail délicat de résumer la pensée des autres sans la défigurer, cette *Revue* jouit d'une estime universelle et tout auteur d'un travail sérieux tient à honneur d'y figurer.

IV. **Bibliographie.** — Tout ouvrage important publié en France ou à l'étranger et se rapportant à l'électricité est l'objet d'une analyse critique absolument impartiale, assez étendue pour indiquer au lecteur la valeur de l'ouvrage et la nature de son contenu.

V. **Chronique.** — Sous les rubriques : *L'Industrie électrique en France* et l'*Industrie électrique à l'étranger*, sont donnés chaque semaine des renseignements très complets sur le développement des applications de l'électricité : *travaux projetés*, *installations d'usines récentes*, *formation de sociétés*, *résultats d'exploitation*, *statistique*, etc.

Dans les *Faits divers*, outre des renseignements généraux du même genre que les précédents, sont données des analyses succinctes des travaux industriels et scientifiques de nature à pouvoir être exposés sans illustration.

Cette division du journal en cinq parties et le développement qu'il est possible de donner à chacune d'elles grâce à l'étendue de chaque numéro permettent de renseigner le lecteur, *rapidement et complètement*, sur tout ce qui s'écrit ou se fait en électricité, dans le monde entier.

CONDITIONS ET PRIX DE LA PUBLICATION

L'Éclairage Électrique paraît régulièrement tous les samedis, par fascicules in-4° de 48 pages imprimées sur deux colonnes, avec de très nombreuses figures.

Chaque année de la publication forme 4 volumes trimestriels de plus de 500 pages chacun, accompagnés d'une table très détaillée, par matières et par noms d'auteurs, à la fin de chaque volume.

Imprimé avec le plus grand soin, sur du très beau papier, et orné de figures très soignées, *L'Éclairage Électrique*, bien que le prix de l'abonnement annuel en puisse paraître élevé (50 fr. pour la France et 60 fr. pour l'étranger), est la publication française d'électricité la moins chère, étant donné l'abondance des matières qu'on y trouve traitées et la quantité de pages qu'elle contient (près de 2000 par an).

Tout y est signalé, analysé ou traité, de ce qui peut intéresser le savant ou l'ingénieur électricien. *L'Éclairage Électrique* peut être considéré comme une encyclopédie de la science de l'électricité et de ses applications, qu'il suffit de consulter pour être au courant de toutes les nouvelles théories, de toutes les nouvelles expériences, de toutes les nouvelles entreprises, de toutes les nouvelles inventions ou découvertes en électricité, sans être obligé de consulter aucune autre publication.



REVUE INTERNATIONALE
ILLUSTRÉE
DE LA

PHOTOGRAPHIE

ET DES
SCIENCES ET ARTS QUI S'Y RATTACHENT

JOURNAL ABSOLUMENT INDÉPENDANT

Rédacteur en Chef : G. MARESCHAL

PUBLICATION MENSUELLE

Prix de l'Abonnement : France, 7 francs. — Union postale, 8 francs.



PARIS

Georges CARRÉ et C. NAUD, Éditeurs

3, rue Racine, 3

On s'abonne sans frais dans tous les bureaux de poste (France et Colonies).

CHAQUE NUMÉRO CONTIENT UNE ILLUSTRATION HORS TEXTE

ÉVREUX, IMPRIMERIE DE CHARLES HÉRISSEY